

**This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- **BLACK BORDERS**
- **TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- **FADED TEXT**
- **ILLEGIBLE TEXT**
- **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- **COLORED PHOTOS**
- **BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS**
- **GRAY SCALE DOCUMENTS**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

S3 1 PN="3-110421"
?t 1/5/1

1/5/1

DIALOG(R) File 347:JAPIO

(c) 2002 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

05439742 **Image available**

ACTION DETECTOR, SIMULATOR AND ACTION DETECTION METHOD

PUB. NO.: 09-054542 [JP 9054542 A]

PUBLISHED: February 25, 1997 (19970225)

INVENTOR(s): IGARI MASAKAZU
MATSUDA YASUSHI

APPLICANT(s): NAMCO LTD [472204] (A Japanese Company or Corporation), JP
(Japan)

APPL. NO.: 07-230809 [JP 95230809]

FILED: August 16, 1995 (19950816)

INTL CLASS: [6] G09B-009/34; A63F-009/22; G06F-003/033; G06T-015/00;
G06T-015/20; G01C-019/00

JAPIO CLASS: 30.2 (MISCELLANEOUS GOODS -- Sports & Recreation); 45.3
(INFORMATION PROCESSING -- Input Output Units); 45.9
(INFORMATION PROCESSING -- Other); 46.1 (INSTRUMENTATION --
Measurement)

JAPIO KEYWORD:R005 (PIEZOELECTRIC FERROELECTRIC SUBSTANCES)

ABSTRACT

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an action detector which is high in response speed, is small in size and is capable of making exact action detection, a simulator and a method for detecting the action.

SOLUTION: A first detecting section 10 detects the angular velocity of an object for detection (for example, a player head), determines direction information based thereon and outputs the information as first direction information. A second detecting section 30 determines the direction information of the object for detection by generating a prescribed wave from either of the prescribed position (for example, wall, ceiling) in a three-dimensional space or the position (for example, on an HMD) following up the action of the object for detection and outputs this information as the second direction information. An action information calculating section 60 makes correction arithmetic processing in accordance with the first direction information and the second direction information and determines the direction information of the object for detection. The action detection with high response and high accuracy is made possible by compensating the first direction information and second direction information with each other in such a manner.

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

JPA 9-054542

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number: **09054542 A**

(43)Date of publication of
application: **25. 02 . 97**

(51)Int. Cl **G09B 9/34**
A63F 9/22
G06F 3/033
G06T 15/00
G06T 15/20
// G01C 19/00

(21)Application number: **07230809**

(22)Date of filing: **16 . 08 . 95**

(71)Applicant: **NAMCO LTD**

(72)Inventor: **IGARI MASAKAZU**
MATSUDA YASUSHI

**(54)ACTION DETECTOR, SIMULATOR AND
ACTION DETECTION METHOD**

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an action detector which is high in response speed, is small in size and is capable of making exact action detection, a simulator and a method for detecting the action.

SOLUTION: A first detecting section 10 detects the angular velocity of an object for detection (for example, a player head), determines direction information based thereon and outputs the information as first direction information. A second detecting section 30 determines the direction information of the object for detection by generating a prescribed wave from either of

the prescribed position (for example, wall, ceiling) in a three-dimensional space or the position (for example, on an HMD) following up the action of the object for detection and outputs this information as the second direction information. An action information calculating section 60 makes correction arithmetic processing in accordance with the first direction information and the second direction information and determines the direction information of the object for detection. The action detection with high response and high accuracy is made possible by compensating the first direction information and second direction information with each other in such a manner.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-54542

(43) 公開日 平成9年(1997)2月25日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 9 B 9/34			G 0 9 B 9/34	A
A 6 3 F 9/22			A 6 3 F 9/22	F
G 0 6 F 3/033	3 1 0	4230-5E	G 0 6 F 3/033	3 1 0 Y
G 0 6 T 15/00		9402-2F	G 0 1 C 19/00	Z
15/20			G 0 6 F 15/62	3 6 0

審査請求 未請求 請求項の数14 F D (全 27 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平7-230809

(22) 出願日 平成7年(1995)8月16日

(71) 出願人 000134855

株式会社ナムコ

東京都大田区多摩川2丁目8番5号

(72) 発明者 猪狩 真和

東京都大田区多摩川2丁目8番5号 株式会社ナムコ内

(72) 発明者 松田 康

東京都大田区多摩川2丁目8番5号 株式会社ナムコ内

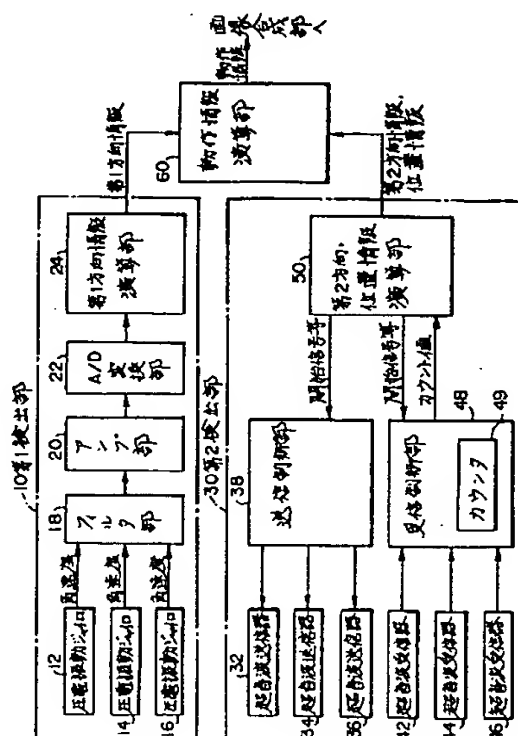
(74) 代理人 弁理士 布施 行夫 (外2名)

(54) 【発明の名称】 動作検出装置、シミュレータ装置及び動作検出方法

(57) 【要約】

【課題】 応答速度が速く小型で正確に動作検出できる動作検出装置、シミュレータ装置及び動作検出方法を提供すること。

【解決手段】 第1検出部10は、検出対象（例えばプレーヤの頭）の角速度を検出し、これに基づいて方向情報を求め、これを第1方向情報として出力する。第2検出部30は、3次元空間内の所与の位置（例えば壁、天井）又は検出対象の動作に追従する位置（例えばHMD上）のいずれかから所与の波を発生することで検出対象の方向情報を求め、これを第2方向情報として出力する。動作情報演算部60は、第1方向情報と第2方向情報とに基づいて補正演算処理を行い、検出対象の方向情報を求める。このように第1、第2方向情報をお互いに補い合うことで、高応答、高精度の動作検出が可能となる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 3次元空間内で動作する検出対象の少なくとも方向情報を検出するための動作検出装置であって、

検出対象の 1 又は複数の軸周りにおける角速度を検出し、検出された該角速度に基づいて検出対象の方向情報を求め、これを第 1 方向情報として出力する第 1 検出手段と、

前記 3次元空間内の所与の位置又は検出対象の動作に追従する位置のいずれかから所与の波を発生することで検出対象の少なくとも方向情報を求め、これを第 2 方向情報として出力する第 2 検出手段と、

前記第 1 検出手段で求められた第 1 方向情報と前記第 2 検出手段で求められた第 2 方向情報とに基づいて補正演算処理を行い、検出対象の方向情報を求める動作情報演算手段とを含むことを特徴とする動作検出装置。

【請求項 2】 請求項 1 において、

前記動作情報演算手段が、

前記第 1、第 2 方向情報に対する重みづけ係数を設定し、前記第 1、第 2 方向情報及び前記重みづけ係数に基づいて検出対象の方向情報を求めることを特徴とする動作検出装置。

【請求項 3】 請求項 2 において、

前記動作情報演算手段が、

前記第 1 検出手段で検出された前記角速度に基づいて前記重みづけ係数の設定を行うことを特徴とする動作検出装置。

【請求項 4】 請求項 1 乃至 3 のいずれかにおいて、

前記第 2 検出手段が、

指向性を有する波を送信する送信器と該送信された波を受信する受信器とを用いて、3次元空間内の所与の位置と検出対象の動作に追従する位置との間の距離を求め、該求められた距離に基づいて検出対象の少なくとも方向情報を求めることを特徴とする動作検出装置。

【請求項 5】 請求項 4 において、

前記動作情報演算手段が、

前記送信器からの波の到達範囲外に前記受信器が位置する場合には、前記第 1 方向情報を検出対象の方向情報とすることを特徴とする動作検出装置。

【請求項 6】 請求項 4 又は 5 のいずれかにおいて、

前記動作情報演算手段が、

前記送信器からの波が障害物に遮られ前記受信器に到達しなかった場合には、前記第 1 方向情報を検出対象の方向情報とすることを特徴とする動作検出装置。

【請求項 7】 請求項 4 乃至 6 のいずれかにおいて、

前記検出対象は観者の頭部であり、

前記第 2 検出手段が、

観者の頭部の前方付近、左方付近、右方付近の位置を第 1、第 2、第 3 位置とした場合に、3次元空間内の所与の位置と該第 1、第 2、第 3 位置との間の距離を求め、

前記第 1 検出手段が、

前記第 2、第 3 位置を結ぶ第 1 軸、前記第 2、第 3 位置の midpoint と前記第 1 位置を結ぶ第 2 軸並びに該第 1 及び第 2 軸に直交する第 3 軸の軸周りの角速度を求めることを特徴とする動作検出装置。

【請求項 8】 請求項 4 乃至 6 のいずれかにおいて、

前記検出対象は観者の頭部であり、

前記第 2 検出手段が、

観者の頭部の前方付近、後方付近の位置を第 1、第 2 位置とした場合に、3次元空間内の所与の位置と該第 1、第 2 位置との間の距離を求め、

前記第 1 検出手段が、

前記第 1、第 2 位置を結ぶ軸に直交する平面内にあり且つ互いに直交する第 1、第 2 軸の軸周りの角速度を求めることを特徴とする動作検出装置。

【請求項 9】 請求項 1 乃至 3 のいずれかにおいて、

前記第 2 検出手段が、

所与のソースコイルにより磁場を発生し、該磁場を所与のセンサコイルにより検出することで検出対象の少なくとも方向情報を求めることを特徴とする動作検出装置。

【請求項 10】 請求項 1 乃至 9 のいずれかにおいて、前記第 2 検出手段が、検出対象の位置情報を更に求め、前記動作情報演算手段が、求められた位置情報を検出対象の位置情報とすることを特徴とする動作検出装置。

【請求項 11】 請求項 1 乃至 10 のいずれかにおいて、

前記第 1 検出手段が、圧電振動ジャイロを用いて前記角速度を求めることを特徴とする動作検出装置。

【請求項 12】 請求項 1 乃至 11 のいずれかの動作検出装置と、

観者の視野を覆うように設けられる表示手段と、

前記動作検出装置から得られる検出対象の方向情報に少なくとも基づいて視界画像を合成し前記表示手段に出力する画像合成手段とを含むことを特徴とするシミュレータ装置。

【請求項 13】 3次元空間内で動作する検出対象の少なくとも方向情報を検出するための動作検出方法であって、

検出対象の 1 又は複数の軸周りにおける角速度を検出

し、検出された該角速度に基づいて検出対象の方向情報を求め、これを第 1 方向情報として出力する第 1 検出ステップと、

前記 3次元空間内の所与の位置又は検出対象の動作に追従する位置のいずれかから所与の波を発生することで検出対象の少なくとも方向情報を求め、これを第 2 方向情報として出力する第 2 検出ステップと、

前記第 1 検出ステップで求められた第 1 方向情報と前記第 2 検出ステップで求められた第 2 方向情報とに基づいて補正演算処理を行い、検出対象の方向情報を求める動作情報演算ステップとを含むことを特徴とする動作検出

方法。

【請求項 1 4】 請求項 1 3 において、前記動作情報演算ステップが、前記第 1、第 2 方向情報に対する重みづけ係数を設定し、前記第 1、第 2 方向情報及び前記重みづけ係数に基づいて検出対象の方向情報を求めることを特徴とする動作検出方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】 本発明は、3次元空間内で動作する検出対象の少なくとも方向情報を検出する動作検出装置、該動作検出装置を用いたシミュレータ装置及び動作検出方法に関する。

【 0 0 0 2 】

【背景技術】 近年、いわゆるヘッドマウントディスプレイ（以下、HMDと呼ぶ）等の頭部装着体をプレーヤが頭着し、HMDに内蔵される液晶ディスプレイ等に視界画像を映し出し、ゲーム、乗物シミュレーション等を楽しむシミュレータ装置が脚光を浴びている。このシミュレータ装置によればいわゆるバーチャルリアリティと呼ばれる世界を実現できる。

【 0 0 0 3 】 さて、このシミュレータ装置では、プレーヤ（観者）の動作等に応じてプレーヤから見える視界画像を変化させるために、検出対象であるプレーヤの動作情報（位置及び方向情報）を求める動作検出手法が必要となる。そして、このような動作検出手法の 1 つとして、磁場を利用して動作情報を検出する手法が広く用いられている。この手法では、XYZの3方向にコイルが巻かれたソースコイルと、このソースコイルから所与の距離内にあって、磁場のXYZ方向成分を検出するセンサコイルとを用いる。即ちソースコイルに含まれる3つのコイルに電流を流すことにより磁場のXYZ方向成分を順次発生させ、それぞれの磁場を発生させた時にセンサコイルに含まれる3つのコイルから得られる電流を検出する。そして、この検出電流を測定することにより検出対象の動作情報を求めることができる。

【 0 0 0 4 】 この磁場を用いる手法には、シミュレータ装置が大がかりとなりコスト高を招いたり、応答速度が悪くなる等の問題点があった。そこで本発明者は、圧電振動ジャイロ等の角速度検出部を用いて角速度を検出し、検出対象の動作情報を得る動作検出装置の開発を続けている。

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら上記角速度検出を利用する手法は、装置の小型化、応答速度の向上等に関しては優れているが、この手法には以下に示す課題があることが判明した。

【 0 0 0 6 】 即ち角速度検出を利用する手法では、検出対象の方向情報を求める際に、検出された角速度を積分等して各軸の周りの回転角度を求める必要がある。従っ

て、検出される角速度にノイズ成分、温度ドリフト成分等の誤差がのると、この誤差は積分処理等により蓄積され、この結果、得られる回転角度に大きなズレが生じる。このようなズレが生じると、例えばプレーヤが頭を動かしていないのにプレーヤの見る視界画像が動く等の事態が生じ、得られる画像の品質が半減する。

【 0 0 0 7 】 本発明は、以上述べた課題を解決するためになされたものであり、その目的とするところは、応答速度が速く小型で、しかも正確に動作検出できる動作検出装置、これを用いたシミュレータ装置及び動作検出方法を提供するところにある。

【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するために、本発明は、3次元空間内で動作する検出対象の少なくとも方向情報を検出するための動作検出装置であって、検出対象の1又は複数の軸周りにおける角速度を検出し、検出された該角速度に基づいて検出対象の方向情報を求め、これを第1方向情報として出力する第1検出手段と、前記3次元空間内の所与の位置又は検出対象の動作に追従する位置のいずれかから所与の波を発生することで検出対象の少なくとも方向情報を求め、これを第2方向情報として出力する第2検出手段と、前記第1検出手段で求められた第1方向情報と前記第2検出手段で求められた第2方向情報とに基づいて補正演算処理を行い、検出対象の方向情報を求める動作情報演算手段とを含むことを特徴とする。

【 0 0 0 9 】 本発明によれば、第1検出手段により角速度を検出することで第1方向情報を求めると共に第2検出手段により所与の波を発生することで第2方向情報を求める。そしてこれらの第1、第2方向情報を互いに補い合うことで、検出対象の方向情報が求められる。角速度検出を利用して方向情報を得る手法では、検出角速度に変動成分があるとこれが増幅され、方向情報に大きな誤差が生じる可能性がある。従って、このような場合に第2方向情報を採用することで、最終的に得られる方向情報を高精度にできる。一方、超音波、赤外線、電磁波等の所与の波を利用して方向情報を得る手法では、検出範囲の問題、障害物の存在等に起因して方向情報が得られなかったり、応答速度が遅くなったりする可能性がある。従って、このような場合に、第1方向情報を採用することで、最終的に得られる方向情報の高精度化、応答速度の高速化が可能となる。このように本発明によれば、高精度で高応答の動作検出が可能となる。

【 0 0 1 0 】 この場合、本発明では、前記動作情報演算手段が、前記第1、第2方向情報に対する重みづけ係数を設定し、前記第1、第2方向情報及び前記重みづけ係数に基づいて検出対象の方向情報を求めるようにすることが望ましい。このように重みづけ係数を設定することで、所与の領域で、第1方向情報、第2方向情報のいずれか一方の重みづけを大きくしたり、あるいは第1方向

5

情報、第 2 方向情報のいずれか一方のみを採用すること等が可能となる。例えば第 1 検出手段の方が応答速度が高い場合には、第 1 方向情報の重み付けを検出対象の動作が速い領域で大きくする。これにより高応答の動作検出が可能となる。一方、例えば検出対象の動作が遅い領域で第 1 検出手段の検出精度が低い場合には、第 2 方向情報の重み付けを検出対象の動作が遅い領域で大きくする。これにより高精度の動作検出が可能となる。

【0011】また本発明では、前記動作情報演算手段が、前記第 1 検出手段で検出された前記角速度に基づいて前記重みづけ係数の設定を行うようにすることが望ましい。即ち第 1 検出手段による角速度検出は、例えば障害物の存在等に影響されず安定して得ることができる。従って角速度に基づいて重みづけ係数を設定すれば、方向情報が不定となる事態が有効に防止され、安定した方向情報の獲得が可能となる。

【0012】また本発明では、前記第 2 検出手段が、指向性を有する波を送信する送信器と該送信された波を受信する受信器とを用いて、3次元空間内の所与の位置と検出対象の動作に追従する位置との間の距離を求め、該求められた距離に基づいて検出対象の少なくとも方向情報を求めるようにすることが望ましい。このように指向性を有する波を発生する送信器及びその受信器を用いることで、雑音、温度等の周囲環境に影響されずに安定した方向情報の獲得が可能となる。このとき、送信器、受信器の配置個数を多くすることで、より多次元方向情報を得ることが可能となる。また送信器、受信器は、3次元空間内の所与の位置又は検出対象に追従する位置のどちらに設けてもよいし、また両方に設けることも可能である。

【0013】また本発明では、前記動作情報演算手段が、前記送信器からの波の到達範囲外に前記受信器が位置する場合には、前記第 1 方向情報を検出対象の方向情報とするようにしてもよい。波がある程度の指向性を有する場合等においては、検出範囲が有限となる。従って検出範囲外に受信器がはずれた場合に、第 2 方向情報を無視等して第 1 方向情報を採用することで、安定した方向情報の獲得が可能となる。

【0014】また本発明では、前記動作情報演算手段が、前記送信器からの波が障害物に遮られ前記受信器に到達しなかった場合には、前記第 1 方向情報を検出対象の方向情報とするようにしてもよい。障害物等により波が遮られた時に、第 1 方向情報を採用することで、安定した方向情報の獲得が可能となる。

【0015】また本発明では、前記検出対象は観者の頭部であり、前記第 2 検出手段が、観者の頭部の前方付近、左方付近、右方付近の位置を第 1、第 2、第 3 位置とした場合に、3次元空間内の所与の位置と該第 1、第 2、第 3 位置との間の距離を求め、前記第 1 検出手段が、前記第 2、第 3 位置を結ぶ第 1 軸、前記第 2、第 3

6

位置の midpoint と前記第 1 位置を結ぶ第 2 軸並びに該第 1 及び第 2 軸に直交する第 3 軸の軸周りの角速度を求めるようにすることが望ましい。観者の頭部は、通常、上記第 1、第 2、第 3 軸周りに回転することになる。従って、第 1、第 2 検出手段が、これらの第 1～第 3 軸周りの方向情報を求めるように演算処理を行うことで、演算処理を簡易化でき、処理の高速化を図れる。

【0016】また本発明では、前記検出対象は観者の頭部であり、前記第 2 検出手段が、観者の頭部の前方付近、後方付近の位置を第 1、第 2 位置とした場合に、3次元空間内の所与の位置と該第 1、第 2 位置との間の距離を求め、前記第 1 検出手段が、前記第 1、第 2 位置を結ぶ軸に直交する平面内にあり且つ互いに直交する第 1、第 2 軸の軸周りの角速度を求めるようにすることが望ましい。上記第 1、第 2 位置を結ぶ軸周りで頭部の回転については、考慮する必要がない場合が多い。従って、このような場合には、上記第 1、第 2 軸周りの方向情報のみを求めるようにすることで、演算処理を更に簡易化でき、処理の更なる高速化を図れる。

【0017】また本発明では、前記第 2 検出手段が、所与のソースコイルにより磁場を発生し、該磁場を所与のセンサコイルにより検出することで検出対象の少なくとも方向情報を求めるようにしてもよい。このように本発明では、波の一つである電磁波を利用して、第 2 方向情報を求めることもできる。

【0018】また本発明では、前記第 2 検出手段が、検出対象の位置情報を更に求め、前記動作情報演算手段が、求められた位置情報を検出対象の位置情報とするようにすることが望ましい。角速度を検出する第 1 検出手段では、方向情報を高応答に得ることは可能だが、位置情報を求めることは一般的にはできない。一方、第 2 検出手段による検出手法によれば、方向情報のみならず位置情報を求めることが可能である。従って、この場合にも、第 1 検出手段からの結果と、第 2 検出手段からの結果とをお互いに補い合うことで、より利用価値の高い動作情報を得ることができる。

【0019】また本発明では、前記第 1 検出手段が、圧電振動ジャイロを用いて前記角速度を求めるようにすることが望ましい。圧電振動ジャイロは小型であり高応答である。従って例えば検出対象がプレーヤの頭部である場合にはプレーヤの装着感を向上できる。また得られた方向情報等に基づいて視界画像を変化させる場合には、スムーズで高速な視界画像の形成が可能となる。

【0020】また本発明は、上記の動作検出装置と、観者の視野を覆うように設けられる表示手段と、前記動作検出装置から得られる検出対象の方向情報に少なくとも基づいて視界画像を合成し前記表示手段に出力する画像合成手段とを含むことを特徴とする。このように種々の優位点を持つ動作検出装置を利用することで、より仮想現実感に優れたシミュレータ装置を実現できる。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態について図面を用いて詳細に説明する。

【0022】（実施例1）

1. 全体構成

図1は実施例1の全体構成を示すブロック図の一例である。実施例1に係る動作検出装置は、第1検出部10、第2検出部30、動作情報演算部60を含む。第1検出部10は、検出対象（プレーヤの頭部、プレーヤの所持する武器等）の例えばX軸、Y軸、Z軸周りにおける角速度を検出し、検出された角速度に基づいて検出対象の方向情報を求め、これを第1方向情報として動作情報演算部60に出力するものである。第2検出部30は、3次元空間内の所与の位置（例えば天井、壁等）又は検出対象の動作に追従する位置（例えばHMD等）のいずれかから、超音波、赤外線、電磁波等の波を発生することで検出対象の少なくとも方向情報を求め、これを第2方向情報として動作情報演算部60に出力するものである。本実施例の第2検出部30では、指向性を有する波の1つである超音波を用いて3次元空間内の所与の位置と検出対象の動作に追従する位置との間の距離を求め、これにより検出対象の方向情報及び位置情報を求めている。動作情報演算部60は、第1検出部10で求められた第1方向情報と第2検出部30で求められた第2方向情報とに基づいて補正演算処理を行い、検出対象の動作情報（方向情報及び位置情報）を求めるものである。動作情報演算部60からの動作情報は、例えば図示しない画像合成部等に出力され、これにより動作情報が反映された視界画像を得ることが可能となる。

【0023】本実施例における第1検出部10は、圧電振動ジャイロ12～16、フィルタ部18、アンプ部20、A/D変換部22、第1方向情報演算部24を含む。角速度検出部となる圧電振動ジャイロ12～16は、コリオリの力を利用して検出対象の角速度を得るものである。圧電振動ジャイロ12～16からは角速度に比例したアナログ電圧が出力される。フィルタ部18は、周囲温度の変化に起因する静止時出力変動（温度ドリフト）の除去等を行うものであり、圧電振動ジャイロ12～16の出力のDC成分等をカットするものである。DC成分等がカットされた信号はアンプ部20により増幅されると共にA/D変換部22によりデジタル信号に変換され、第1方向情報演算部24に出力される。第1方向情報演算部24は、検出された角速度を積分等し、これにより所与の軸（例えばX、Y、Z軸）周りにおける回転角度情報、即ち検出対象の方向情報を求める。

【0024】また本実施例における第2検出部30は、超音波送信器32～36、送信制御部38、超音波受信器42～46、受信制御部48、第2方向・位置情報演算部50を含む。第2方向・位置情報演算部50から開

始信号等が出力されると、送信制御部38の制御にしたがって、超音波送信器32～36が超音波を出力する。出力された超音波は、超音波受信器42～46により受信される。受信制御部48は、上記開始信号等が出力されてから超音波受信器42～46に超音波が受信されるまでに要する時間を内蔵するカウンタ49によりカウントし、カウント値を第2方向・位置情報演算部50に出力する。第2方向・位置情報演算部50は、入力されたカウント値に基づいて、送信器・受信器間の距離を求め、これにより検出対象の位置及び方向情報を求める。

【0025】図2（A）に、圧電振動ジャイロ及び超音波送信器・受信器の配置例を示す。超音波送信器32～36を含む送信部70は、例えば天井、壁、シミュレータ装置等に取り付けられ位置が特定されている（可動となってもよい）。一方、圧電振動ジャイロ12～16、超音波受信器42～46を含む受信部72は、例えばプレーヤの頭部に装着されるHMD（ヘッドマウントディスプレイ）に取り付けられ、プレーヤの頭部の動作に追従して動く。超音波送信器32～36からの超音波は、まず超音波受信器42により受信される。これにより、所与の位置にある超音波送信器32～36と超音波受信器42との距離が特定され、超音波受信器42の位置が特定される。同様にして超音波受信器44、46の位置も特定され、これにより受信部72を装着したプレーヤの頭部の位置情報及び方向情報（第2方向情報）が求められる。

【0026】一方、圧電振動ジャイロ12～16では、プレーヤの頭部が動作したときの角速度を検出する。この角速度によりプレーヤの所与軸周りの回転角度が求められ、プレーヤの頭部の方向情報（第1方向情報）が求められる。

【0027】第1、第2方向情報に対する重みづけ処理、頭部の方向情報の最終決定処理等は動作情報演算部60により行われる。

【0028】なお図2（A）の構成の受信部72を用いると、6自由度の情報（3次元の位置情報及び3軸の方向情報）が得られる。これに対して、超音波受信器及び圧電振動ジャイロを各々2つしか含まない図2（B）の構成の受信部74を用いると、5自由度の情報のみ得られる。即ち図2（B）の構成では超音波受信器42、44を結ぶ軸についての方向情報（この軸周りの回転角度情報）は得ることができない。HMD等を用いた視界画像の合成においては、通常、プレーヤの頭部の左右及び上下方向の動きがわかれば十分である場合が多い。従って、この場合には、超音波受信器42、44を、各々、プレーヤの前方部、後方部付近に位置させ、プレーヤの頭部の傾きについては検出しないようにする。このようにすることで、受信部74を小型化・軽量化でき、プレーヤの装着感を増すことが可能となる。

【0029】また図2（A）、（B）では、共に、受信

部をプレーヤの頭部側（検出対象側）に設けているが、これとは逆に送信部を頭部側に設けてもよい。但し頭部側に送信部を設けると次のような問題がある。即ち、受信部が位置する方向とは異なる方向にプレーヤの頭部が動くと、頭部に取り付けられた送信部から出力される超音波が他の天井、壁等で反射される事態が生じ、これは誤検出の原因となる。従ってこのような事態が生じる可能性がある場合には、受信部をプレーヤの頭部等に設ける構成が望ましい。

【0030】次に、動作情報演算部60、第1、第2検出部10、30の詳細な構成及び動作について説明する。なお、図1に示す第1方向情報演算部24、第2方向・位置情報演算部50、動作情報演算部60等で行われる演算処理は、本実施例においては、CPU及びこのCPUにより制御されるメモリ等により実現されている。

【0031】2. 動作情報演算部

図3（A）、（B）及び図4は、動作情報演算部60の動作の一例を示すフローチャートである。図3（A）のステップS1～S4に示すように、Y軸、X軸、Z軸周りの回転角度が演算され、これにより画像合成部等に出

力する検出対象の方向情報が特定される。図2（B）のように2軸周りの回転角度のみを求める場合には、図3（B）に示すフローを採用する。

【0032】図4は、各軸周りの回転角度を求めるときのフローチャートである。まず第1検出部10から第1方向（角度）情報 θ_1 が、第2検出部30から第2方向（角度）情報 θ_2 が入力される（ステップG1、G2）。

【0033】次に、超音波が受信部の検出範囲外にある

【0034】次に、次式、

$$\theta = h \times \theta_2 + (1 - h) \times \theta_1 \quad (1)$$

（但し $0 \leq h \leq 1$ ）により θ が演算され、検出対象の方向情報が決定される（ステップG7、G8）。

【0035】図5は、重みづけ係数 h の設定手法の一例を説明するための図である。図5では、角速度が小さい領域では、重みづけ係数 h は1に近づく。一方、角速度が大きい領域では、重みづけ係数 h は0に近づく、（ $1 - h$ ）が1に近づく。従って、上式（1）から明らかなように、角速度が小さい領域では第2検出部30から入力される第2方向情報 θ_2 に対して大きな重みづけが、角速度が大きい領域では第1検出部10から入力される第1方向情報 θ_1 に対して大きな重みづけがなされることになる。

【0036】シミュレータ装置（3次元ゲーム装置等）においては、処理のリアルタイム性が要求される。従っ

て、例えばゲーム中にプレーヤが頭部を動かした場合に、この動きに即座に回答してHMDに映し出される視界画像も変化させる必要がある。このため、方向情報等の検出においては、なるべく高応答にする必要がある。ところが、超音波、赤外線、電磁波を利用して方向情報を得る手法は、この応答性の点で若干劣っている。これに対して、圧電振動ジャイロ等の角速度検出部を利用する手法は、この応答性の面で優れている。そこで本実施例では、角速度が大きい領域、即ちプレーヤの頭部が大きく変化する領域においては、第1検出部10からの第1方向情報 θ_1 に重きをおくようにしている。これによりプレーヤの頭部の動きに速やかに追従する高応答の動作検出が可能となる。

【0037】一方、圧電振動ジャイロ等を利用する手法には、ノイズ、温度等の影響を受けやすい等の問題がある。即ちこの手法では、検出される角速度にノイズ成分、温度ドリフト成分等の誤差があると、この誤差は積分処理等により蓄積される。従って、得られる方向情報に大きなズレが生じる。この結果、例えばプレーヤが頭部を動かしていないのに視界画像が動く等の事態が生じ、得られる画像の品質が半減する。これに対して超音波、赤外線、電磁波等の波を利用する手法は、ノイズ、温度等の変化を受けにくいという点で優れている。そこで、本実施例では、角速度が小さい領域、即ちプレーヤの頭部があまり変化しない領域においては、第2検出部30からの第2方向情報 θ_2 に重きをおくようにしている。これによりプレーヤの頭部が停止しているのに視界画像が動く等の事態が防止され、より高精度の動作検出が可能となる。

【0038】このように本実施例によれば、第1、第2検出部10、30で得られた方向情報同士を互いに補い合うことで、各々の検出部のみでは得ることができない高応答で高精度な動作検出が可能となる。

【0039】なお本実施例では、図4のステップG5に示すように第1検出部10で得られる角速度に基づいて重みづけ係数を決定している。この理由は第1に、角速度は、検出対象の動作速度とほぼ等価であり、本実施例ではこの角速度を圧電振動ジャイロにより直接得ることができるからである。即ち、この角速度を利用することで、重みづけ係数を求めるための情報を演算処理等により求める必要がなくなる。また第2に、この角速度は、障害物が存在する場合等においても安定して得ることができるからである。即ち、例えば第2検出部30からの情報により重みづけ係数を決定等すると、障害物が存在する場合に重みづけ係数の決定が不能となる。従って、方向情報が不定となる事態も生じてしまう。

【0040】但し、本発明においては必ずしもこの角速度に基づいて重みづけ係数を決定する必要はなく、第2検出部30からの情報等により重みづけ係数を決定することも可能である。

【0041】また重みづけ係数の設定手法も様々なものを採用できる。例えば重みづけ係数の関係は図5に示すものに限られるものではない。また上式(1)の1次式とは異なり、高次式により方向情報 θ を求めてもよい。またROM等で構成されるルックアップテーブルを設け、角速度等を参照情報としてルックアップから方向情報 θ を得る等の手法も可能である。

【0042】さて本実施例では、図4のステップG3、G4、G6に示すように、送信部からの超音波の到達範囲外に受信部が位置する場合あるいは送信部からの超音波が障害物に遮られ受信部に到達しなかった場合に、重みづけ係数 h が $h=0$ とされる。即ち第2方向情報 θ_2 は無視され第1方向情報 θ_1 が検出対象の方向情報とされる。超音波、赤外線等は指向性を有し、検出範囲は有限となる。従って、例えばプレーヤが検出範囲外に動いた場合には、第2検出部30による第2方向情報 θ_2 の検出は不可能となる。またプレーヤが顔を下に向けた場合等においても、第2検出部30による検出はできなくなる。更に、プレーヤ自身あるいは友人の手等が受信器等を覆った場合にも、超音波の受信はできなくなる。一方、第1検出部10からの第1方向情報 θ_1 は、このような指向性の波を用いずに得られるものである。そこで本実施例では、上記事態が生じた場合に第1方向情報 θ_1 を検出対象の方向情報としており、これにより安定した方向情報の獲得が可能となっている。

【0043】なお超音波、赤外線が障害物に遮られた場合等においては、第2検出部30によるカウントは不能となり、第2検出部30の出力は異常状態を示すことになる(例えば第2検出部30から出力が何も来なくなる)。従って、この異常状態を検出することで、図4の

ステップG3、G4の判断は容易に行うことができる。

【0044】3. 第1検出部

圧電振動ジャイロ等の角速度検出部を利用する手法は、磁場等を利用する手法に比べ、装置の小型化を図れ、また応答速度が速い。従ってリアルタイムに処理を行う必要があるシミュレータ装置に最適である。また超音波、赤外線を利用する手法では、障害物等がある場合に検出不能となるが、角速度検出を利用する手法ではこのような問題が生じない。

【0045】次に図6(A)を用いて圧電振動ジャイロの原理について説明する。圧電振動ジャイロでは、まず圧電素子(ピエゾ素子)82により金属柱80をV方向に振動させておく。この状態で例えばR軸周りに角速度 ω で金属柱80が回転すると、コリオリの力によりFc方向に振動が発生するので、この振動を検出用の圧電素子84により検出する。この時、圧電素子84の出力電圧は角速度 ω に比例する。従ってこの出力電圧を検出することで、角速度 ω を求めることができる。

【0046】本発明で採用する圧電振動ジャイロの構造・形式としては種々のものを考えることができる。例え

ば図6(B)に示すように金属柱80が正三角柱のものを利用すれば、共振特性の不一致、ズレ等の問題を解決できる。また図6(C)に示すように、金属柱80が円柱のものを利用することも可能である。またいわゆる音叉型と呼ばれる形式の圧電振動ジャイロを採用することも可能である。

【0047】図7(A)は、圧電振動ジャイロの出力電圧と角速度との関係を示す図である。但し図7(A)の出力電圧は、静止時の出力を基準とし、その変化を表したものである。図7(A)に示すように圧電振動ジャイロの出力電圧は角速度に比例する。従ってこの出力電圧をA/D変換等することで、角速度のデジタル情報を得ることができる。

【0048】一方、図7(B)は、静止時出力の温度ドリフトを示す図である。図7(B)に示すように周囲温度の変化に伴い圧電振動ジャイロの出力は変化する。この温度ドリフトの影響はフィルタ部18によりDCカットすることである程度除去できるが、少なからずその影響は残ってしまう。また圧電振動ジャイロの感度が周囲温度に影響を受けるという問題もある。

【0049】周囲温度あるいはノイズによる特性変化の影響は、角速度を積分した場合に更に大きくなる。例えばプレーヤが頭部を動かしていないのに、周囲温度の変化等により視界画像の視線方向が変化する等の問題が生じ、プレーヤに不快感を与えてしまう。そこで本実施例では、図5に示すように、角速度が小さくプレーヤの頭部が静止に近い状態にある範囲において、 $h=1$ ($(h-1)=0$)としている。これによりこの範囲では第2検出部30からの第2方向情報が採用されることになり、静止時の画質低下が防止される。一方、角速度が大きい範囲では、もともとプレーヤの頭部の動きが速いため、たとえ周囲温度が変化して角速度が変動しても、プレーヤがその変動に気付くことは少ない。従って、図5に示すように角速度が大きい範囲で第1方向情報を採用しても、上記のような問題が生じることはない。

【0050】4. 第2検出部

まず超音波等を利用して検出対象の動作情報(位置及び方向情報)を求める手法の原理について説明する。図8(A)に示すように、送信器90から送信された超音波パルスが、受信器92で受信されるまでの遅延時間を t 、音速を v とすると、送信器90から受信器92までの距離 l は、

$$l = v t \quad (2)$$

と表せる。従って時間 t を測定することで距離 l を求めることができる。本実施例ではこの t を図1のカウンタ49により測定している。

【0051】さて、1つの送信器に対して、3次元空間内で位置が特定されている受信器(絶対位置があらかじめわかっている受信器)を3つ用意すれば、送信器の3次元空間内での位置情報を求めることができる。例えば図

8 (B) において、超音波パルスが受信されるまでの遅延時間を t_1 、 t_2 、 t_3 、受信器 9 4 ~ 9 8 の位置ベクトルを P_1 、 P_2 、 P_3 とすると、送信器 1 0 0 の位置ベクトル P は、

$$\begin{aligned} |P_1 - P| &= v t_1 \\ |P_2 - P| &= v t_2 \\ |P_3 - P| &= v t_3 \end{aligned} \quad (3)$$

の 3 つの連立方程式を解くことによって求めることができる。これとは逆に、1 つの受信器に対し、位置が特定されている送信器を 3 つ用意すれば、今度は、受信器の位置情報を求めることができる。

$$(x', y', z') = (x, y, z) \times R_x(\theta_x) \times R_y(\theta_y) \quad (4)$$

【数 1】

【0 0 5 3】

$$R_x(\theta_x) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta_x & -\sin\theta_x \\ 0 & \sin\theta_x & \cos\theta_x \end{bmatrix} \quad (5)$$

【0 0 5 4】

【数 2】

$$R_y(\theta_y) = \begin{bmatrix} \cos\theta_y & 0 & \sin\theta_y \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\theta_y & 0 & \cos\theta_y \end{bmatrix} \quad (6)$$

【0 0 5 5】従って 2 つの送信器 1 0 2、1 0 4 の位置情報から平行移動分を引いた値を式 (4) に代入すれば θ_1 、 θ_2 を求めることができる。

【0 0 5 6】送信器の数を 1 つ増やし、3 つの送信器及び 3 つの受信器を用意すれば、位置情報及び全ての方向

$$(x', y', z')$$

$$= (x, y, z) \times R_x(\theta_1) \times R_y(\theta_2) \times R_z(\theta_z) \quad (7)$$

【数 3】

【0 0 5 7】

$$R_z(\theta_z) = \begin{bmatrix} \cos\theta_z & -\sin\theta_z & 0 \\ \sin\theta_z & \cos\theta_z & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

【0 0 5 8】従って 3 つの送信器 1 0 6 ~ 1 1 0 の位置情報から平行移動分を引いた値を式 (7) に代入すれば θ_1 、 θ_2 、 θ_3 を求めることができる。

【0 0 5 9】またこれとは逆に、位置が特定されている 3 つの送信器に対し、複数の受信器を用意しても、上記

【0 0 5 2】位置が特定されている 3 つの受信器に対して複数の送信器を用意すれば、検出対象の位置情報のみならず方向情報についても求めることができる。例えば図 9 (A) では、2 つの送信器 1 0 2、1 0 4 の位置情報と、送信器同士を結んだ軸である z 軸に垂直な 2 軸、即ち x 軸、 y 軸周りに関する方向情報 (回転角度) を求めることができる。例えば、点 $E(x, y, z)$ が x 軸回りに θ_1 だけ回転移動し、その後 y 軸回りに θ_2 だけ回転移動して点 $E'(x', y', z')$ に移った場合、次式

(4) が成り立つ。

情報 (3 軸の回転角度) を求めることができる。例えば図 9 (B) において、点 $F(x, y, z)$ が y 軸、 x 軸、 z 軸の順に回転し点 $F'(x', y', z')$ に移動したとすると、次式 (7) が成り立つ。

と同様に受信器の位置情報及び方向情報を求めることができる。

【0 0 6 0】次に、図 1 0 (A)、(B) 及び図 1 1 を用いて、位置が特定されている送信器が 3 つあり、検出対象に追従し位置が特定されていない受信器が 3 つある

場合の本実施例の動作を説明する。図10(A)、

(B)及び図11は、この場合の動作を説明するためのブロック図、タイミングチャート、フローチャートである。図10(B)に示すT1~T10は、図11に示すT1~T10に各々対応している。

【0061】まず第2方向・位置情報演算部50(CPUの一部)が送信制御部38、受信制御部48に対して開始信号を出力する(ステップH1)。送信制御部38は開始信号が入力されると送信ch1から超音波パルスを送信する(ステップH4、H5)。一方、受信制御部48は開始信号が入力されるとカウンタ49をリセットしカウントをスタートする(ステップH10、H11)。そして送信ch1からの超音波を受信すると、その時のカウント値をRAM等のメモリに記録する(ステップH12)。この場合の受信及び記録は、受信ch1~ch3の全てにおいて別個に行われる。

【0062】第2方向・位置情報演算部50は、所定時間経過後、今度はch2の送信要求を出力する(ステップH2)。送信制御部38は、送信要求が入力されると送信ch2から超音波パルスを送信させる(ステップH6、H7)。一方、受信制御部48は送信ch2からの超音波を受信すると、そのカウント値を記録する(ステップH13)。この場合の受信及び記録は、受信ch1~ch3の全てに対して別個に行われる。

【0063】ch3の送受信についても上記と同様に行われる(ステップH3、H8、H9、H14)。

【0064】第2方向・位置情報演算部50は、全チャネルの受信が終了すると、送信ch1~3の位置情報と、受信ch1~3の各々についてのカウント値に基づいて、受信ch1~3の各々についての位置情報を演算する(ステップH15~H18)。この場合の演算は上式(3)に基づいて行われる。また第2方向・位置情報演算部50は、受信ch1~3の位置情報から上式(7)に基づいて、検出対象の方向情報を演算し(ステップH19)、処理を終了する。

【0065】検出対象に追従する送信器が3つあり、位置が特定されている受信器が3つある場合(送信器と受信器とが上記と逆になる場合)の動作は上記と同様であり、ブロック図及びタイミングチャート、フローチャートも図10(A)、(B)及び図11とほぼ同様になる。

【0066】図12(A)、(B)及び図13には、位置が特定されている送信器が3つあり、検出対象に追従

する受信器が2つある場合のブロック図、タイミングチャート、フローチャートが示される。図10(A)、

(B)と図12(A)、(B)との相違は、図12(A)、(B)では、受信制御部48が3つではなく2つの受信チャネルを制御している点である。また図11と図13との相違は、図13では、受信ch1~ch3ではなく受信ch1、2の位置のみを演算しており(ステップI16、I17)、また上式(7)ではなく上式(4)に基づいて方向情報を演算している点である(ステップI19)。

【0067】図14(A)、(B)及び図15には、検出対象に追従する送信器が2つあり、位置が特定されている受信器が3つある場合のブロック図、タイミングチャート、フローチャートが示される。図10(A)、

(B)と図14(A)、(B)との相違は、図14(A)、(B)では、送信制御部38が3つではなく2つの送信チャネルを制御している点である。また図11と図15との相違は、図15では、受信ch1~ch3ではなく送信ch1、2の位置を演算しており(ステップJ16、J17)、また上式(7)ではなく上式(4)に基づいて方向情報を演算している点である(ステップJ19)。

【0068】5. 送信器及び受信器の最適配置
次に送信器及び受信器の最適配置について説明する。

【0069】本実施例では図2(A)において、受信器(又は送信器)42、44、46を、各々、プレーヤの頭部の前方付近、左方付近、右方付近に配置している。そして受信器44、46を結んだ軸、受信器44、46の中点と受信器42を結んだ軸並びにこれらの2軸に直交する軸の周りの角速度を直接測定できるように、圧電振動ジャイロ12、14、16を配置している。このように配置することで、以下に説明するように、動作検出に要する演算処理量を減らし、演算スピードを高めることができる。

【0070】例えば図16に示すように、位置が特定された送信器(又は受信器)の位置情報(位置座標)をP1(X1、Y1、Z1)、P2(X2、Y2、Z2)、P3(X3、Y3、Z3)とし、検出対象に追従する受信器(又は送信器)の位置情報をQ1(x1、y1、z1)、Q2(x2、y2、z2)、Q3(x3、y3、z3)とし、測定された距離をl1、l2、l3、m1、m2、m3、n1、n2、n3とする。すると下式(9)、(10)、(11)が成り立つ。

$$\begin{aligned}(x1-X1)^2 + (y1-Y1)^2 + (z1-Z1)^2 &= l1^2 \\(x1-X2)^2 + (y1-Y2)^2 + (z1-Z2)^2 &= l2^2 \\(x1-X3)^2 + (y1-Y3)^2 + (z1-Z3)^2 &= l3^2 \\(x2-X1)^2 + (y2-Y1)^2 + (z2-Z1)^2 &= m1^2 \\(x2-X2)^2 + (y2-Y2)^2 + (z2-Z2)^2 &= m2^2 \\(x2-X3)^2 + (y2-Y3)^2 + (z2-Z3)^2 &= m3^2 \\(x3-X1)^2 + (y3-Y1)^2 + (z3-Z1)^2 &= n1^2\end{aligned}\quad (9)$$

$$(x2-X2)^2 + (y2-Y2)^2 + (z2-Z2)^2 = m2^2 \quad (10)$$

17

$$(x_3 - X_2)^2 + (y_3 - Y_2)^2 + (z_3 - Z_2)^2 = n^2$$

$$(x_3 - X_3)^2 + (y_3 - Y_3)^2 + (z_3 - Z_3)^2 = n^2 \quad (11)$$

これらの式よりQ1 (x1, y1, z1)、Q2 (x2, y2, z2)、Q3 (x3, y3, z3) の位置情報を求めることができる。またQ1とQ2の中点である

$$x_4 = (x_1 + x_2) / 2$$

$$y_4 = (y_1 + y_2) / 2$$

$$z_4 = (z_1 + z_2) / 2$$

18

Q4 (x4, y4, z4) の位置情報は下式より求めることができる。

(12)

一方、方向情報は次のようにして求める。即ち回転前の基準位置情報をO1 (Ox1, Oy1, Oz1)、O2 (Ox2, Oy2, Oz2)、O3 (Ox3, Oy3, Oz3)、O4 (Ox4, Oy4, Oz4) とし、回転

後の位置情報をQ1 (x1, y1, z1)、Q2 (x2, y2, z2)、Q3 (x3, y3, z3)、Q4 (x4, y4, z4) とする。すると、

$$(x_3, y_3, z_3)$$

$$= (Ox_3, Oy_3, Oz_3) \times R_1(\theta_1) \times R_2(\theta_2) \quad (13)$$

$$(x_4, y_4, z_4)$$

$$= (Ox_4, Oy_4, Oz_4) \times R_1(\theta_1) \times R_2(\theta_2) \quad (14)$$

が成り立ち、これらの式より θ_1 、 θ_2 を求めることができる。また、

$$(x_1, y_1, z_1)$$

$$= (Ox_1, Oy_1, Oz_1) \times R_1(\theta_1) \times R_2(\theta_2) \quad (15)$$

$$(x_2, y_2, z_2)$$

$$= (Ox_2, Oy_2, Oz_2) \times R_1(\theta_1) \times R_2(\theta_2) \quad (16)$$

が成り立ち、これらの式より θ_1 、 θ_2 を求めることができる。なお $R_1(\theta_1)$ 、 $R_2(\theta_2)$ は、上式(5)、(6)、(8)に示した回転行列である。

【0071】上式においては、Q3とQ4 (O3とO4) を結ぶ軸をZ軸、Q1とQ2 (O1とO2) を結ぶ軸をX軸、これらのZ軸、X軸に直交する軸をY軸としている。これにより、上式(13)～(16)に示すように演算処理を簡易にでき、演算処理の高速化を図れる。なお、これらの軸周りでの角度を直接測定できるように圧電振動ジャイロを配置することで、演算処理の更なる高速化を図れる。

【0072】次に本実施例の演算手法の優位性を説明するために、面で傾きを演算する手法について説明する。

$$(x_1, y_1, z_1)$$

$$= (Ox_1, Oy_1, Oz_1) \times R_1(\theta_1) \times R_2(\theta_2) \times R_3(\theta_3) \quad (17)$$

$$(x_2, y_2, z_2)$$

$$= (Ox_2, Oy_2, Oz_2) \times R_1(\theta_1) \times R_2(\theta_2) \times R_3(\theta_3) \quad (18)$$

$$(x_3, y_3, z_3)$$

$$= (Ox_3, Oy_3, Oz_3) \times R_1(\theta_1) \times R_2(\theta_2) \times R_3(\theta_3) \quad (19)$$

が成り立ち、これらの式より θ_1 、 θ_2 、 θ_3 を求めればよい。上式(13)～(16)と上式(17)～(19)を比較すれば明らかなように、上式(17)～(19)では、 $\cos \theta$ 、 $\sin \theta$ の3乗の項が出てくるため、演算処理が非常に複雑で時間のかかるものとなる。

【0075】面で傾きを求める手法によれば、任意の3軸での回転角度を求めることができる。しかしながら、ゲーム等においてはプレーヤの頭部、武器等の回転軸があらかじめ決まっている場合が多い。そこで本実施例では、図16のQ1、Q2、Q3が頭部の左方、右方、前

この手法によると、受信器 (又は送信器) を例えば頭部の前方、左方、右方等に配置しなくても θ_1 、 θ_2 、 θ_3 等を得ることができるが、演算処理は本実施例に比べ複雑になる。

【0073】この手法での位置情報の演算は上式(9)～(11)と同様になる。但し上式(12)の演算処理は必要なくなる。

【0074】一方、方向情報は次のように求める。即ち回転前の基準位置情報をO1 (Ox1, Oy1, Oz1)、O2 (Ox2, Oy2, Oz2)、O3 (Ox3, Oy3, Oz3) とし、回転後の位置情報をQ1 (x1, y1, z1)、Q2 (x2, y2, z2)、Q3 (x3, y3, z3) とする。すると、

方付近に位置するように受信器 (又は送信器) を配置し、これにより回転角度を求める回転軸をあらかじめ決めておく (Q3とQ4を結ぶ軸、Q1とQ2を結ぶ軸及びこれらの軸に直交する軸に決める)。このようにすることで、上式(17)～(19)に示すように演算処理を簡易化でき、処理の高速化を図ることができる。

【0076】次に図2 (B) の場合について説明する。本実施例では図2 (B) において、受信器 (又は送信器) 42、44を、各々、プレーヤの頭部の前方、後方付近に配置している。そして受信器42、44を結ぶ軸

に直交する平面内にあり且つ互いに直交する2軸の周りの角速度を直接測定できるように、圧電振動ジャイロ1

$$\begin{aligned}(x_1 - X_1)^2 + (y_1 - Y_1)^2 + (z_1 - Z_1)^2 &= 1^2 \\(x_1 - X_2)^2 + (y_1 - Y_2)^2 + (z_1 - Z_2)^2 &= 1^2 \\(x_1 - X_3)^2 + (y_1 - Y_3)^2 + (z_1 - Z_3)^2 &= 1^2 \quad (20) \\(x_2 - X_1)^2 + (y_2 - Y_1)^2 + (z_2 - Z_1)^2 &= m_1^2 \\(x_2 - X_2)^2 + (y_2 - Y_2)^2 + (z_2 - Z_2)^2 &= m_2^2 \\(x_2 - X_3)^2 + (y_2 - Y_3)^2 + (z_2 - Z_3)^2 &= m_3^2 \quad (21)\end{aligned}$$

これらの式よりQ1 (x1, y1, z1)、Q2 (x2, y2, z2) の位置情報を求めることができる。 10

$$\begin{aligned}(x_1, y_1, z_1) \\= (Ox_1, Oy_1, Oz_1) \times R_1(\theta_1) \times R_2(\theta_2) \quad (22)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(x_2, y_2, z_2) \\= (Ox_2, Oy_2, Oz_2) \times R_1(\theta_1) \times R_2(\theta_2) \quad (23)\end{aligned}$$

が成り立ち、これらの式より θ_1 、 θ_2 を求めることができる。

【0078】式(9)～(16)と式(20)～(23)を比較すれば明らかなように、図2(B)のように配置すれば、演算処理を更に簡易化できる。ゲーム等においては、プレーヤの頭部等の上下左右の回転のみを検出すればよい場合が多い。従って、この場合には演算処理を更に簡易化できる図2(B)の手法が最適となる。

【0079】6. 送信器、受信器の個数

これまでの実施例では、送信器が3個、受信器が3個又

$$\begin{aligned}|P_1 - P| &= 1^2 \\|P_2 - P| &= 1^2\end{aligned}$$

が成り立ち、これを解くことで受信器の位置を求めることができる。上式(24)から明らかなように、受信器の位置Pは図18に示す軌道130上(P1、P2から距離11、12の軌道上)にあることになるが、軌道上のどの位置にあるかは特定できない。従って、これを特定するためには何らかの束縛条件が必要となる。

【0081】例えばプレーヤの頭部の動作検出を行う場合、プレーヤの体は固定され、頭部しか動けない場合が考えられる。頭部は、プレーヤの首の付け根辺りを中心に動く。従って例えばプレーヤの額に受信器を取り付ければ、図19に示すように、受信器は首の付け根132を中心とする球134上のどこかに位置することになる。このような束縛条件を課すことで受信器の位置を特定できる。即ちこの場合には、受信器の位置は、軌道130と球134との交点の位置に特定される。この交点は最大で2つあるが、通常、首が上下左右に90度以上回転することはないので、問題は生じない。

【0082】このように球134上での位置が特定されることで、プレーヤの頭部の2軸での方向情報(回転角度)を求めることができる。この場合、受信器は1個しかなく2個ないため、方向情報の測定は2軸に關してのみとなる。

【0083】一方、図20に示すように、受信器が平面136上でのみ動くという束縛条件を課すと、例えば図

2、14を配置している。この時、図17から明らかなように、次式が成り立つ。

【0077】一方、方向情報については、

は2個の場合について説明したが、送信器、受信器の個数を共に2個以下にしたり、送信器、受信器の少なくとも一方を1個とすることも可能である。送信器、受信器の個数を減らすことで装置の小型化が図れ、プレーヤの装着感を増すことができる。

【0080】例えば位置が特定されている送信器が2個、検出対象に追従する受信器が1個の場合について考える。この場合、図18において、送信器の位置(ベクトル)をP1、P2、受信器の位置(ベクトル)をP、送信器・受信器間の距離を11、12とすると、

$$(24)$$

20の137に示すように、平面136上での位置情報を特定できる。この場合、受信器の位置は、軌道130と平面136との交点になる。このように平面を束縛条件に用いる手法は、例えば平面上を歩くプレーヤの頭部等のように、高さ一定のままで平面上を移動する検出対象の位置検出に利用できる。

【0084】以上の動作検出は、位置が特定されている受信器が2個、検出対象に追従する送信器が1個の場合でも同様となる。

【0085】次に、位置が特定されている送信器が2個、検出対象に追従する受信器が2個の場合について考える。この場合、図21に示すように、受信器間の距離が一定であれば、一方の受信器の位置が特定されれば他方の受信器の位置も特定できる。上記した、送信器が2個、受信器が1個の場合と同様に、受信器の位置が球134上に束縛される場合を考えると、受信器の位置は、軌道130、138と球134との交点の位置に特定される。

【0086】一方の受信器の位置を特定することで、2軸での方向情報を求めることができる。そしてこの場合には、一方のみならず他方の受信器の位置も特定されるため、結局、3軸での方向情報を求めることができる。

【0087】これに対し、図22に示すように、一方の受信器が平面136上でのみ動くという束縛条件を課す

と、例えば図 22 の 139 に示すように、平面 136 上での位置情報及び 2 軸に関する方向情報を求めることができる。これにより例えば平面上を歩くプレーヤの頭部等を測定する場合に、平面上に位置する一方の受信器をプレーヤの首の付け根に、他方の受信器をプレーヤの額に取り付けることで、プレーヤの位置及び頭部の 2 軸での方向情報を求めることができる。

【0088】以上の動作検出は、位置が特定されている受信器が 2 個、検出対象に追従する送信器が 2 個の場合でも同様となる。

【0089】（実施例 2）実施例 2 は、実施例 1 で説明した動作検出装置を含むシミュレータ装置に関する実施例であり、図 23（A）に、そのブロック図の一例を示す。

【0090】図 23（A）において、操作部 300 は、プレーヤ（観者）が操作する例えば操作レバー、ハンドル、操作ボタン、武器、ゲームコントローラ等を含むものであり、操作部 300 より入力された操作情報は処理部 200 に入力される。記憶部 302 は、処理部 200 を動作させるための所与の動作プログラム（ゲームプログラム等）、表示モデルの画像情報、形状情報を含むモデル情報等を記憶すると共に、処理部 200 の作業エリアとなるものであり、ROM、RAM、記憶媒体（CD ROM、フロッピーディスク）等から構成される。

【0091】処理部 200 は、装置全体の制御を行うと共に、操作部 300 からの操作情報及び記憶部 302 に記憶される動作プログラム等に基づいて各種のシミュレーション処理を行う。走行体による競争ゲームを例にとれば、プレーヤの操作レバー、ハンドル等の操作に応じて走行体（飛行機、レーシングカー等）を所与の仮想的な 3 次元空間内で走行させる等のシミュレーション処理を行う。また RPG ゲームを例にとれば、プレーヤの歩行ボタン等の操作に応じて所与の仮想的な 3 次元空間内でプレーヤを歩行させると共に、武器による攻撃等により場面を変化させる等のシミュレーション処理を行う。処理部 200 は、画像合成部 202 を含んでおり、この画像合成部 202 は、検出対象である例えばプレーヤの頭部の位置及び方向情報等に基づいて視界画像を合成し、表示部 304 に出力する。この時の位置及び方向情報は動作検出部 310（実施例 1 の動作検出装置に相当する）から入力される。例えば走行体による競争ゲームでは、プレーヤの頭部の動作のみを動作検出部 310 で検出し、走行体の位置及び方向情報については、プレーヤの操作情報等に基づくシミュレーション処理により求める。一方、RPG ゲームにおいては、プレーヤの頭部の動作のみならず、歩行するプレーヤの位置及び方向情報についても動作検出部 310 により検出してもよい。

【0092】なお動作検出部 310 の検出対象となるものはプレーヤの頭部以外にも、例えばプレーヤの持つ武器、プレーヤの四肢等、種々のものを考えることができ

る。

【0093】また図 1 の第 1 方向情報演算部 24、第 2 方向・位置情報演算部 50、動作情報演算部 60 等により行われる演算処理は、図 23 の処理部 200 及び記憶部 302 に行わせることもできる。即ちこの場合には動作検出部 310 の一部が処理部 200 等に含まれることになる。

【0094】図 23（B）に頭部装着体である HMD（ヘッドマウントディスプレイ）の一例を示す。この HMD は、プレーヤの視野を覆うようにしてプレーヤが装着するものである。ディスプレイ 320 は表示部 304 に相当し、液晶ディスプレイ、小型ブラウン管等により構成される。このディスプレイ 320 によりプレーヤは視界画像を見ることができる。プレーヤ側センサ 322 は動作検出部 310 の一部となるものであり、例えば図 2（A）、（B）に示すような構成の受信部 72、74 が内蔵される。もちろん受信部ではなく送信部を内蔵させたり、受信部、送信部の両方を内蔵させることも可能である。スピーカ 324 は、ゲーム音等をプレーヤに伝えるものである。またコード 326 は、処理部 200 からの視界画像情報をディスプレイ 320 に伝える、あるいはプレーヤ側センサ 322 からの検出情報を処理部 200 に伝える等のために使用される。

【0095】なお本発明は上記実施例 1、2 に限定されるものではなく、本発明の要旨の範囲内で種々の変形実施が可能である。

【0096】例えば第 1 検出部の構成は上記実施例に限定されるものではない。圧電振動ジャイロではなく、他の手法、例えば光ファイバジャイロ、小型のコマを利用したジャイロあるいはジャイロ以外の素子を利用して角速度を検出するようにしてもよい。またフィルタ部、アンプ部、A/D 変換部の一部又は全部を設けない構成とすることもできる。更に検出された角速度から方向情報を求める手法も種々様々なものを採用できる。

【0097】また第 2 検出部の構成も上記実施例に限定されるものではない。例えば超音波ではなく赤外線等の他の波を利用して距離を測定し動作情報（方向及び位置情報）を求めるようにしてもよい。この場合、赤外線は、超音波と同様に指向性があり、障害物に遮られると距離測定ができなくなるという性質を持っている。従って、図 4 のステップ G3、G4、G6 に示す処理が超音波の場合と同様に有効となる。

【0098】また第 2 検出部による動作情報の検出を、磁場を利用して行うようにしてもよい。この場合には図 24 に示すように、XYZ の 3 方向にコイルが巻かれたソースコイル 120 と、磁場の XYZ 成分を検出可能なセンサコイル 122 とを用意する。そして例えばソースコイル 120 を 3 次元空間内の所与の位置に設け、ソースコイル 120 の 3 つのコイルに電流を流すことで磁場の XYZ 方向成分を順次発生させる。また例えば検出対

象の動作に追従する位置にセンサコイル 1 2 2 を設け、上記磁場を発生した時にセンサコイル 1 2 2 の 3 つのコイルに流れる電流を検出する。この検出電流により検出対象の動作情報を求めることができる。このように本発明の第 2 検出部は、3 次元空間内の所与の位置又は検出対象の動作に追従する位置のいずれかから所与の波を発生することで、検出対象の少なくとも方向情報を求めるような構成であればよい。

【0099】但し第 1 検出部との組み合わせを考えた場合には、磁場を利用するよりも超音波等の指向性の波を利用の方が好ましい。その理由は第 1 に、ソースコイルが発生する磁場の影響で第 1 検出部の誤検出が生じる可能性があるからである。例えば第 1 検出部に圧電振動ジャイロを用いた場合、圧電振動ジャイロの出力電圧に上記磁場に起因するノイズがのると誤検出の原因となる。第 1 検出部では角速度を積分等して方向情報を求めているため、その影響は大きい。第 2 に、例えば検出対象が検出範囲外となったり、金属等の障害物があった場合等に、超音波等を利用する手法の方が第 1 検出部への切り替えを容易に行える。即ち磁場を利用する手法では、上記の場合、第 2 検出部の出力は大きく変化しないため、異常検出が困難となる。これに対して超音波等の指向性のある波を利用する場合、第 2 検出部の出力は大きく変化し、図 4 のステップ G 3、G 4、G 6 に示す処理を容易に行うことができる。第 3 に、磁場を利用する手法は、応答性、装置の小型化の点で劣り、ゲーム装置等のシミュレーション装置に不向きである。第 4 に、磁場を利用する手法は検出範囲が狭く、これを広くしようとすると高価となり、また表示部に含まれるブラウン管等により磁場が乱され誤検出を生じやすいという問題点も有している。

【0100】また上記実施例では、第 2 検出部において方向情報及び位置情報を求めているが、方向情報のみを求めるようにしても構わない。例えばレーシングカーゲーム等においてプレーヤの頭部の位置がある程度固定されている場合や、砲台に取り付けられた武器が検出対象である場合等には、動作情報の中の方向情報のみを検出すればよい。

【0101】一方、第 2 検出部を、位置情報検出可能な構成とすれば、次のような効果が生じる。即ち角速度を利用して方向情報を求める手法は、前述のように超音波、磁場等を利用する手法に比べ様々な面で優れており、特にリアルタイム処理を行うシミュレーション装置に最適なものである。しかしながらこの角速度を利用する手法では一般的には方向情報のみしか得ることができない。従って検出対象の位置についてもリアルタイムに変化し、動作情報として位置情報が要求される場合には、第 1 検出部と、位置情報の検出が可能な第 2 検出部とを組み合わせることにより、このような要求に応えることができる。

【0102】また送信器、受信器、圧電振動ジャイロ等の配置も図 2 (A)、(B) に示すものに限られるものではない。例えば送信器、受信器の両方を、検出対象側あるいは 3 次元空間内の所与の位置に設けるようにしてもよい。

【0103】また本発明は、業務用及び家庭用ゲーム装置、複数のプレーヤが参加する大型アトラクション型のゲーム装置、通信回線等を用いて他プレーヤとゲームを行う機能を有するマルチメディア端末装置、フライトシミュレータ、ドライブシミュレータ等、種々のシミュレーション装置に適用できる。また、武器、四肢等を検出対象とし、HMD を利用しないシミュレーション装置に本発明を適用することもできる。更にシミュレーション装置、3 次元 CAD 等における 3 次元ポインティングデバイスである 3 次元マウス等に本発明を適用することもできる。

【0104】

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施例 1 の一例を示すブロック図である。

【図 2】図 2 (A)、(B) は、圧電振動ジャイロ及び超音波送信器・受信器の配置例を示す図である。

【図 3】図 3 (A)、(B) は実施例 1 の動作を説明するためのフローチャートである。

【図 4】実施例 1 の動作を説明するためのフローチャートである。

【図 5】重みづけ係数について説明するための図である。

【図 6】図 6 (A) ~ (C) は、圧電振動ジャイロの原理について説明するための図である。

【図 7】図 7 (A)、(B) は、圧電振動ジャイロの特性を示す図である。

【図 8】図 8 (A)、(B) は、超音波等を利用して動作情報を求める手法の原理を説明するための図である。

【図 9】図 9 (A)、(B) は、超音波等を利用して動作情報を求める手法の原理を説明するための図である。

【図 10】図 10 (A)、(B) は、第 2 検出部の動作を説明するためのブロック図及びタイミングチャートである。

【図 11】第 2 検出部の動作を説明するためのフローチャートである。

【図 12】図 12 (A)、(B) は、第 2 検出部の動作を説明するためのブロック図及びタイミングチャートである。

【図 13】第 2 検出部の動作を説明するためのフローチャートである。

【図 14】図 14 (A)、(B) は、第 2 検出部の動作を説明するためのブロック図及びタイミングチャートである。

【図 15】第 2 検出部の動作を説明するためのフローチャートである。

ャートである。

【図 1 6】送信器、受信器の最適配置について説明するための図である。

【図 1 7】送信器、受信器の最適配置について説明するための図である。

【図 1 8】送信器が 2 個、受信器が 1 個の場合に、受信器の位置する軌道について説明するための図である。

【図 1 9】送信器が 2 個、受信器が 1 個の場合の方向情報の特定について説明するための図である。

【図 2 0】送信器が 2 個、受信器が 1 個の場合の位置情報の特定について説明するための図である。

【図 2 1】送信器が 2 個、受信器が 2 個の場合の方向情報の特定について説明するための図である。

【図 2 2】送信器が 2 個、受信器が 2 個の場合の位置情報の特定について説明するための図である。

【図 2 3】図 2 3 (A) は、実施例 2 の一例を示すブロック図であり、図 2 3 (B) は、HMD の一例を示す図である。

【図 2 4】磁場を利用して動作情報を求める手法を説明するための図である。

【符号の説明】

1 0 第 1 検出部

1 2 ~ 1 6 圧電振動ジャイロ

1 8 フィルタ部

2 0 アンプ部

2 2 A/D 変換部

2 4 第 1 方向情報演算部

3 0 第 2 検出部

3 2 ~ 3 6 超音波送信部

3 8 送信制御部

4 2 ~ 4 6 超音波発振部

4 8 受信制御部

4 9 カウンタ

5 0 第 2 方向・位置情報演算部

6 0 動作情報演算部

7 0 送信部

7 2, 7 4 受信部

2 0 0 処理部

2 0 2 画像合成部

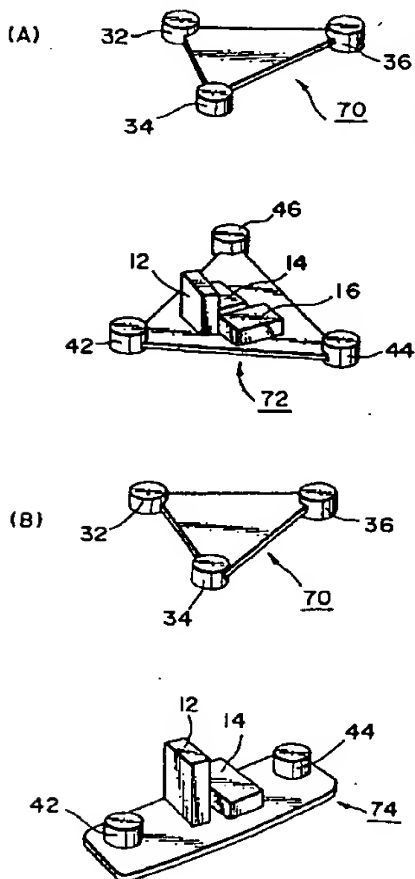
3 0 0 操作部

3 0 2 記憶部

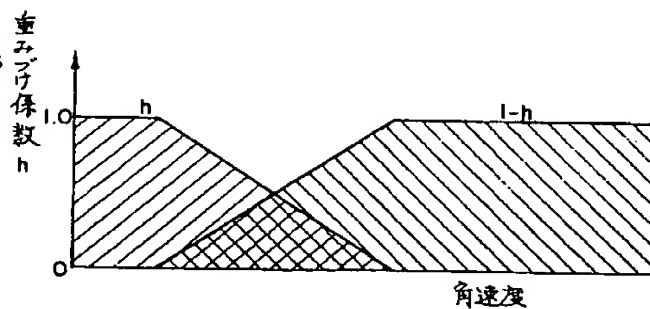
2 0 3 0 4 表示部

3 1 0 動作検出部

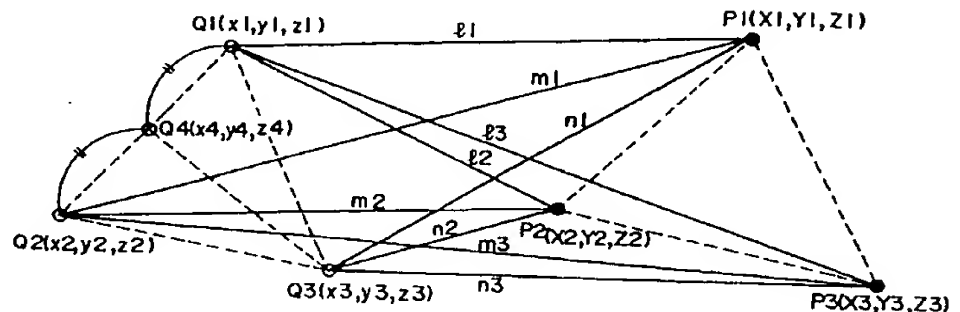
【図 2】



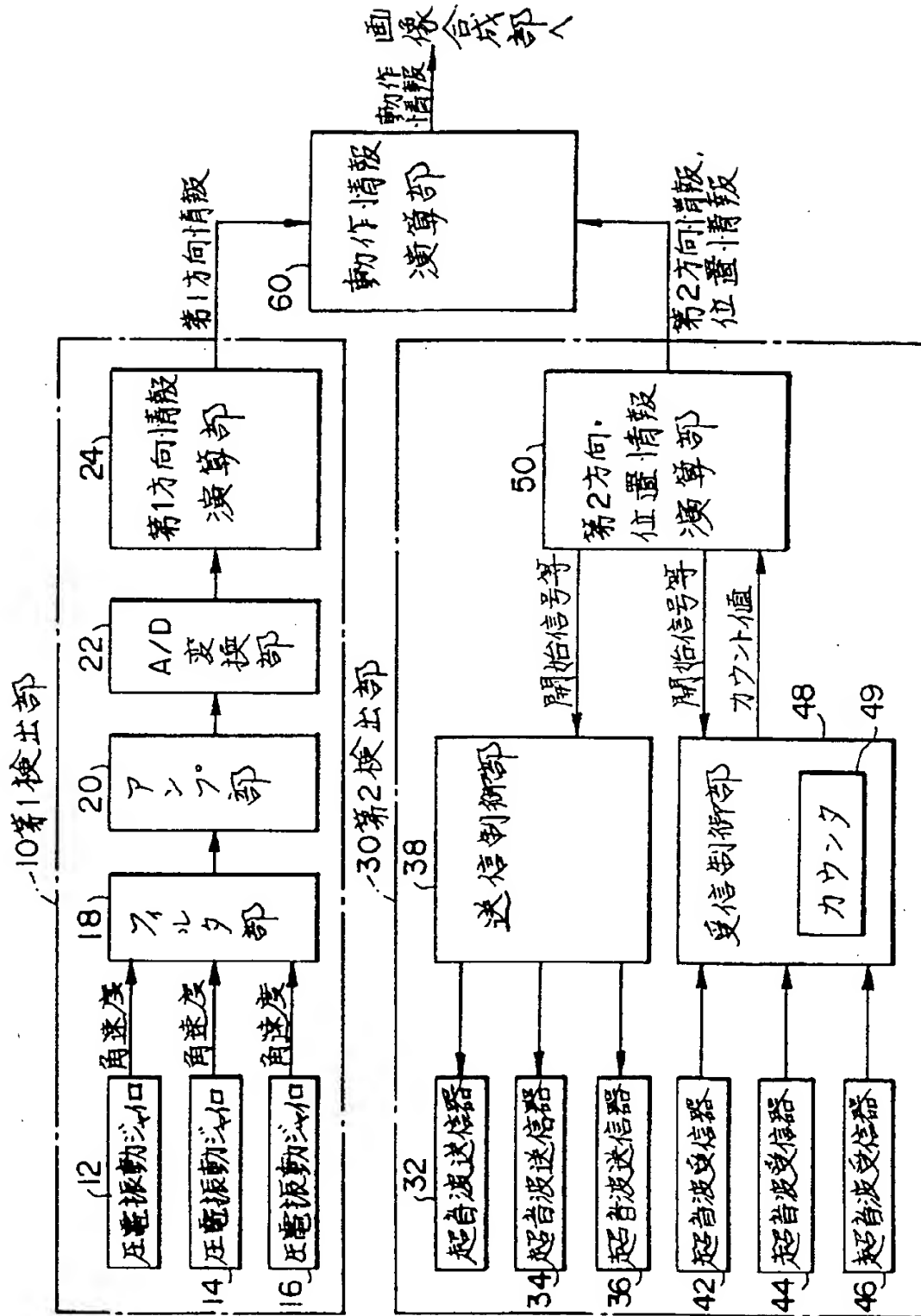
【図 5】



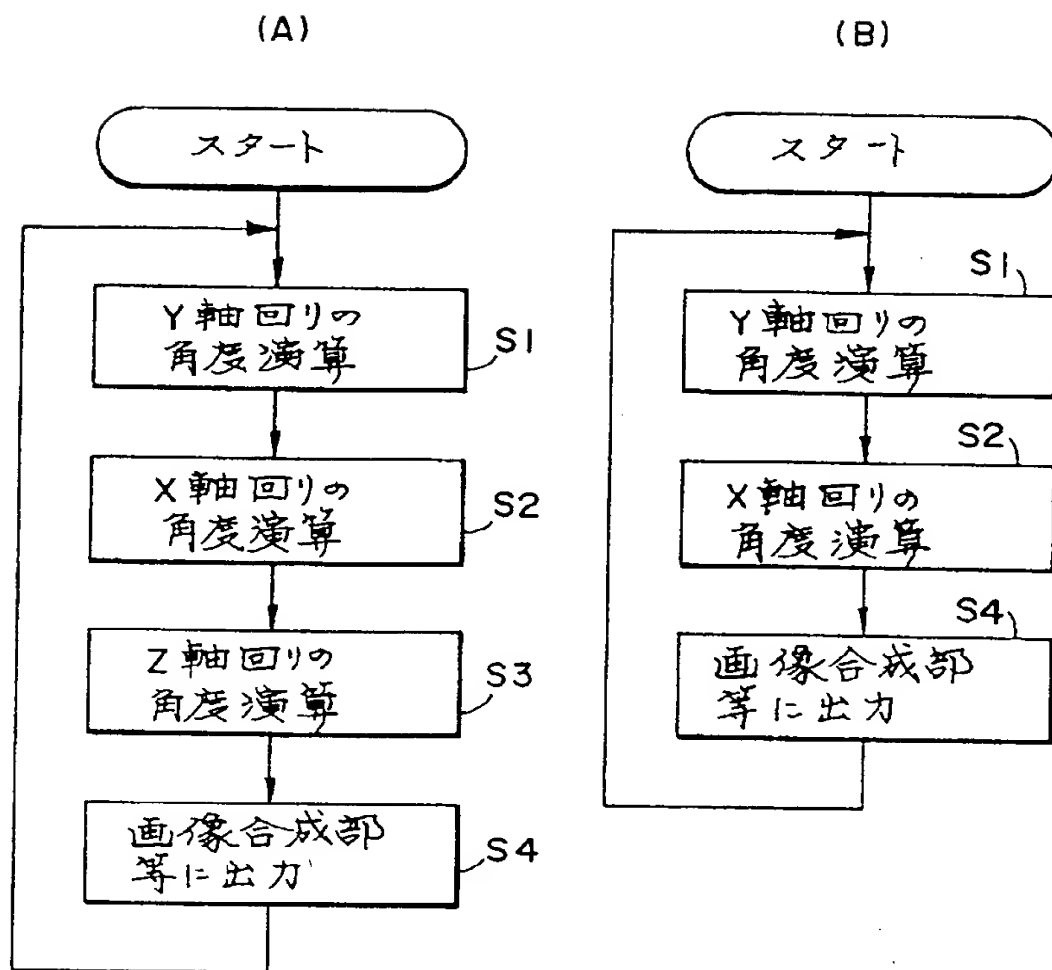
【図 1 6】



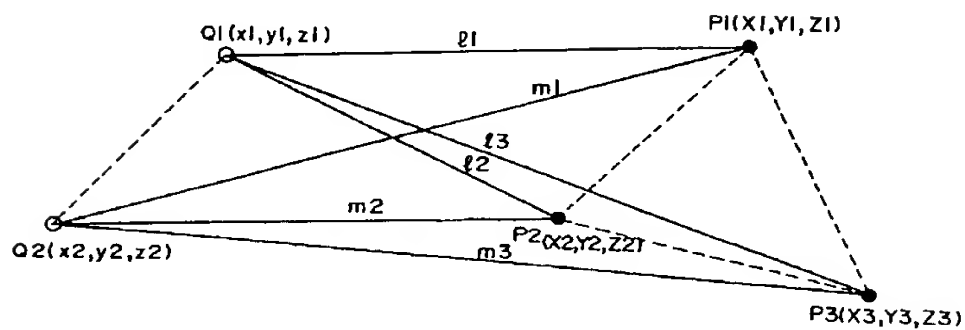
【図1】



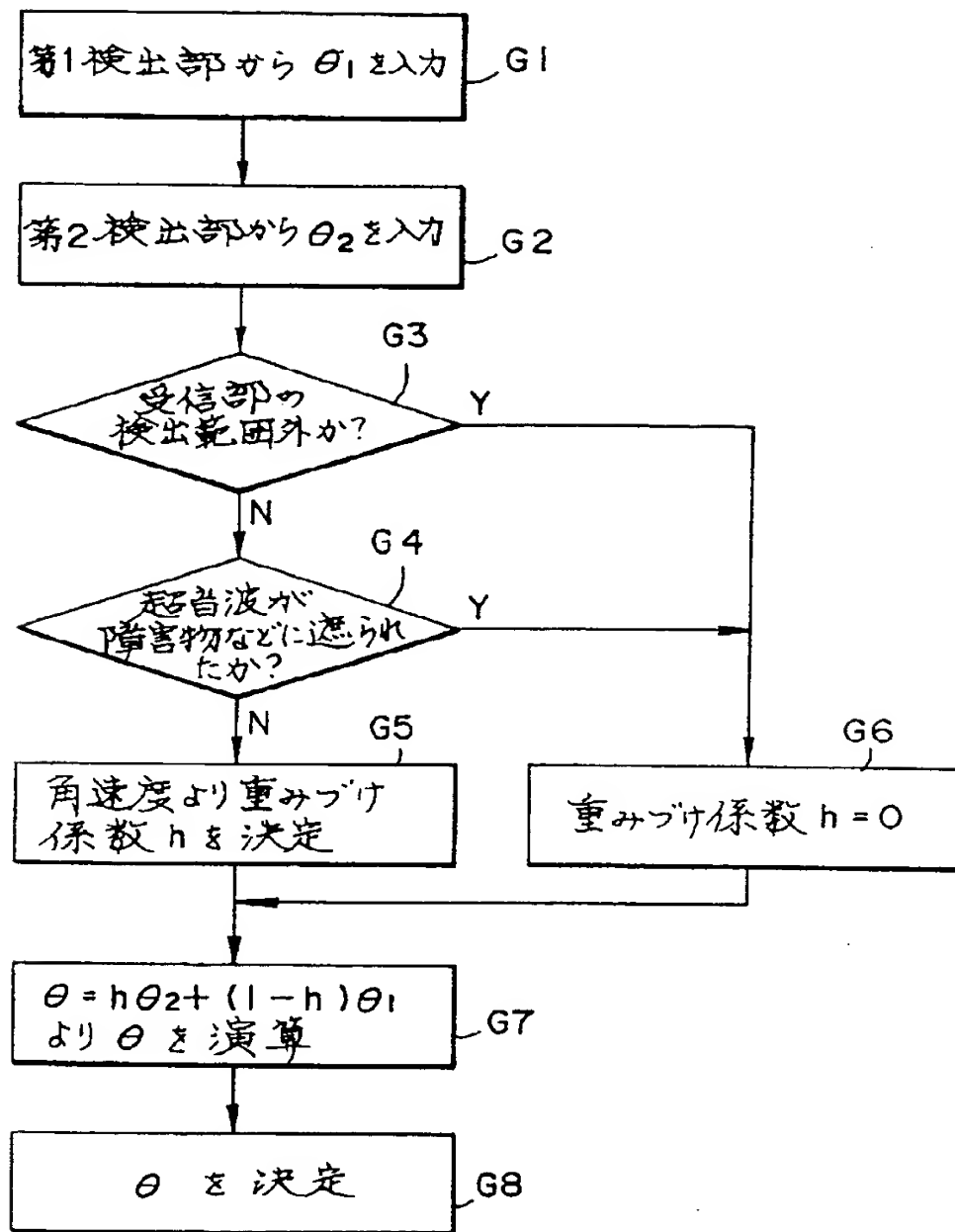
【図 3】



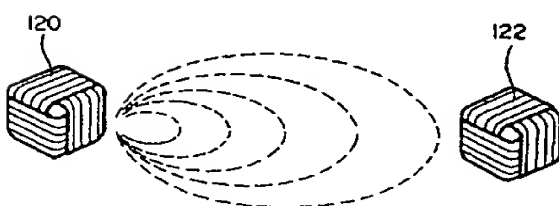
【図 17】



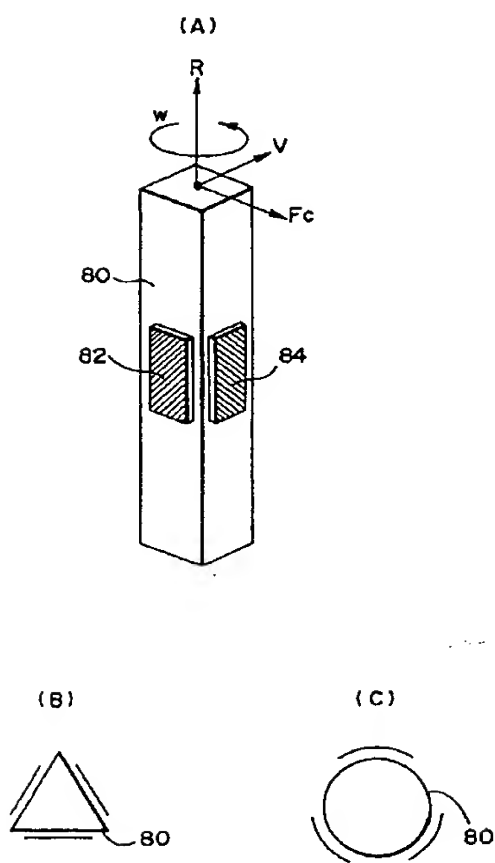
【図 4】



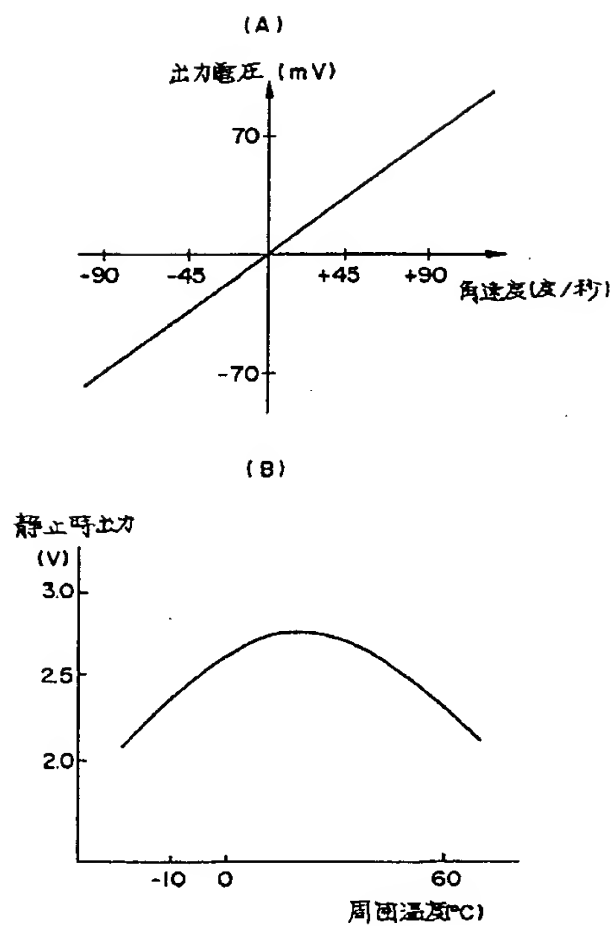
【図 2 4】



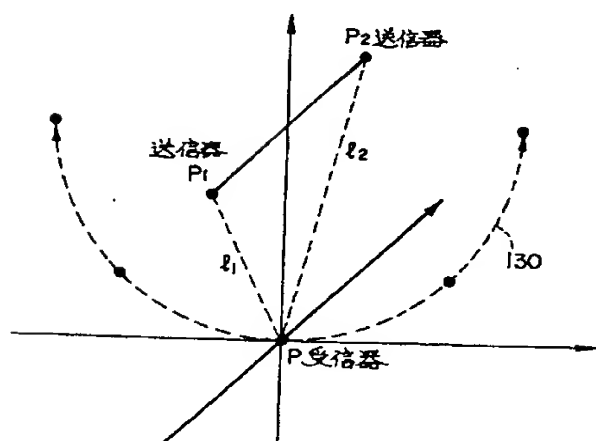
【図 6】



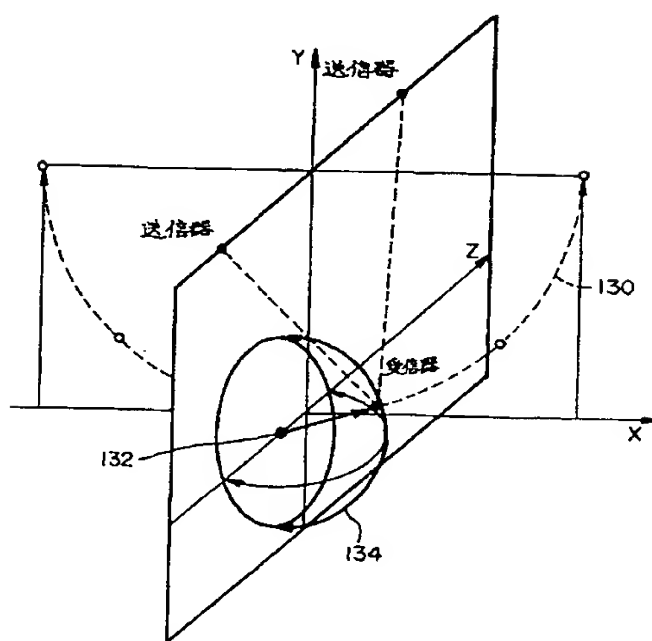
【図 7】



【図 18】

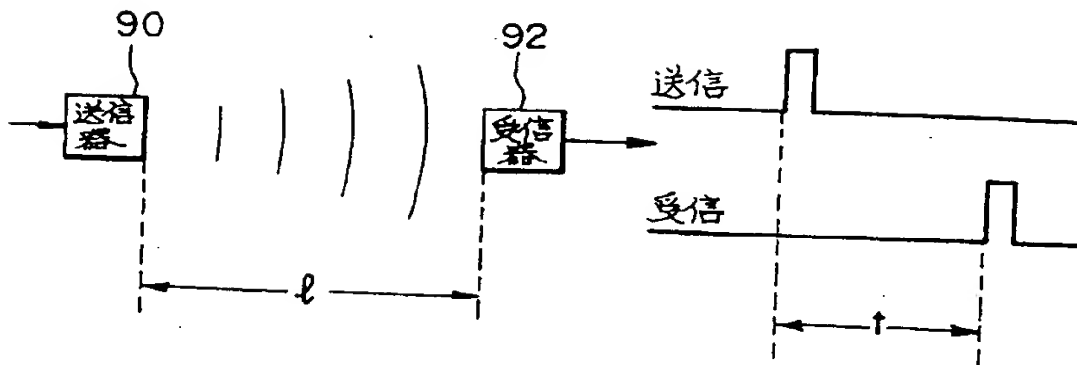


【図 19】

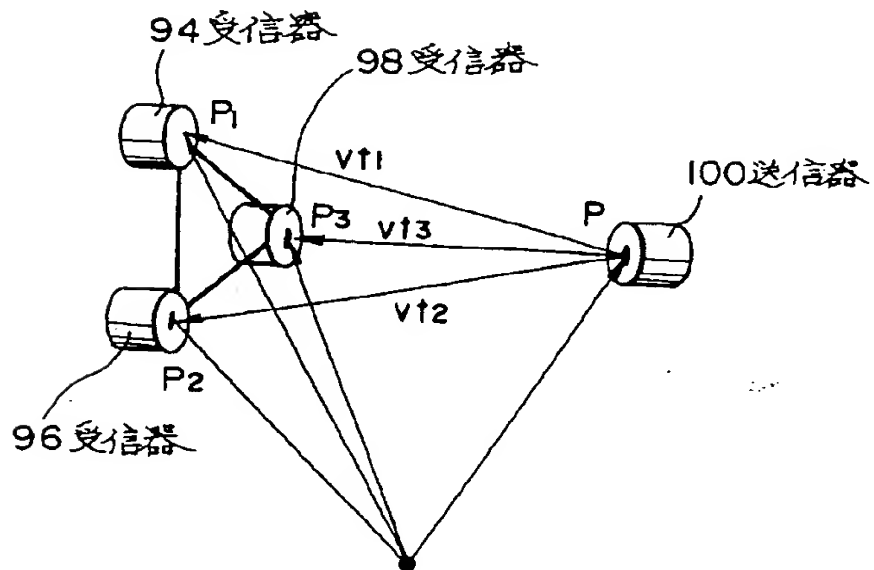


〔図8〕

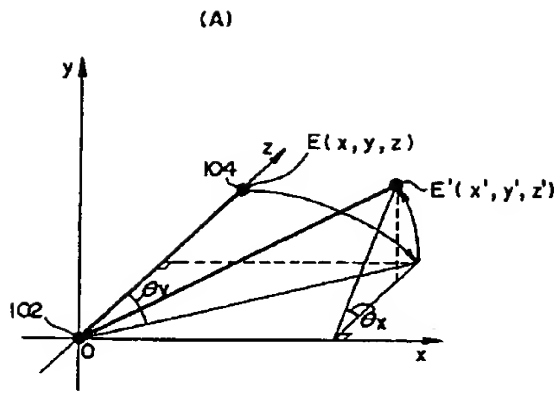
(A)



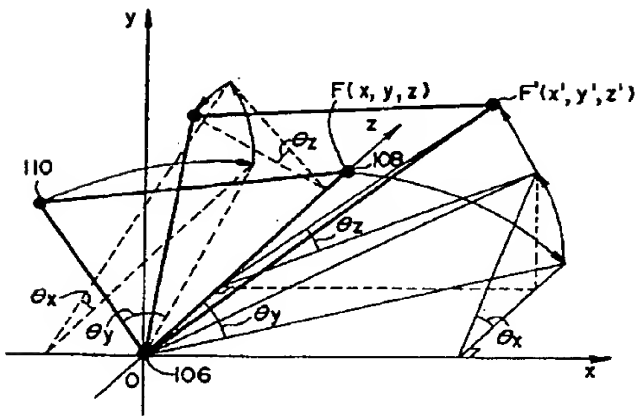
(B)



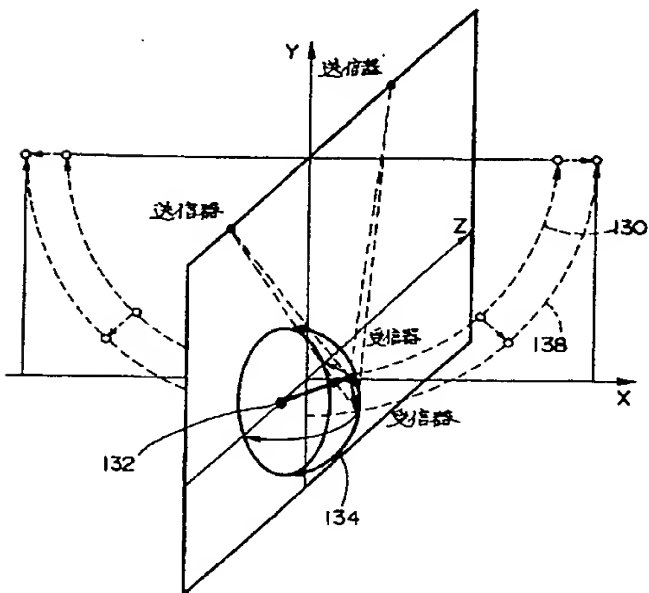
【図 9】



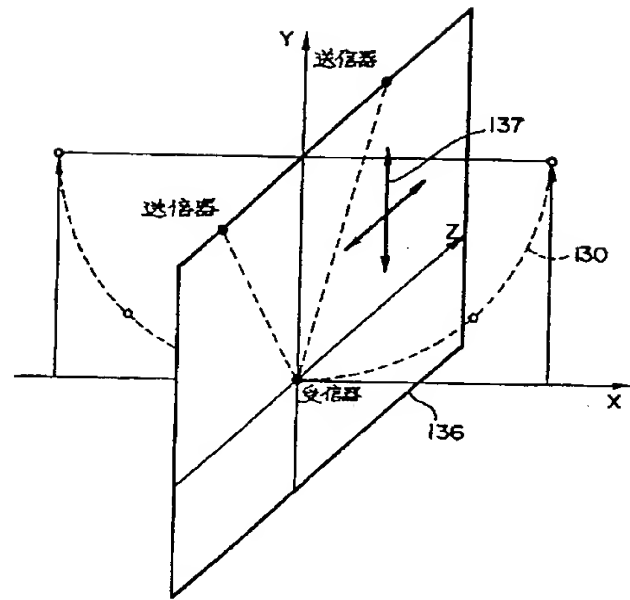
(B)



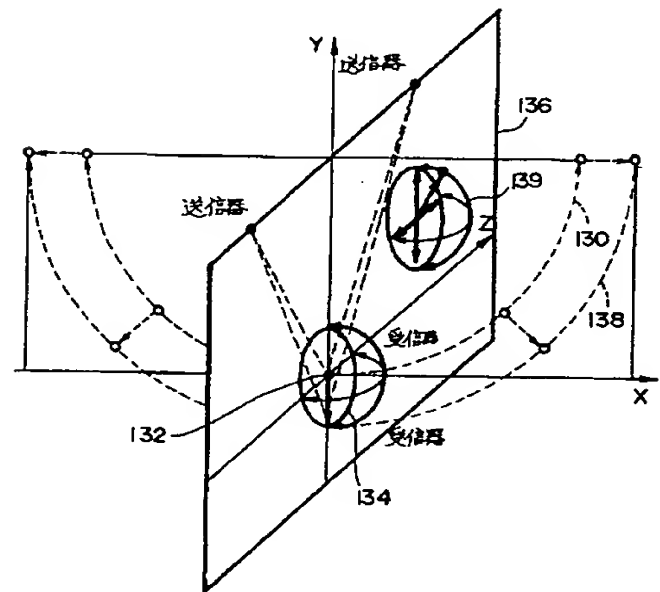
【図 21】



【図 20】

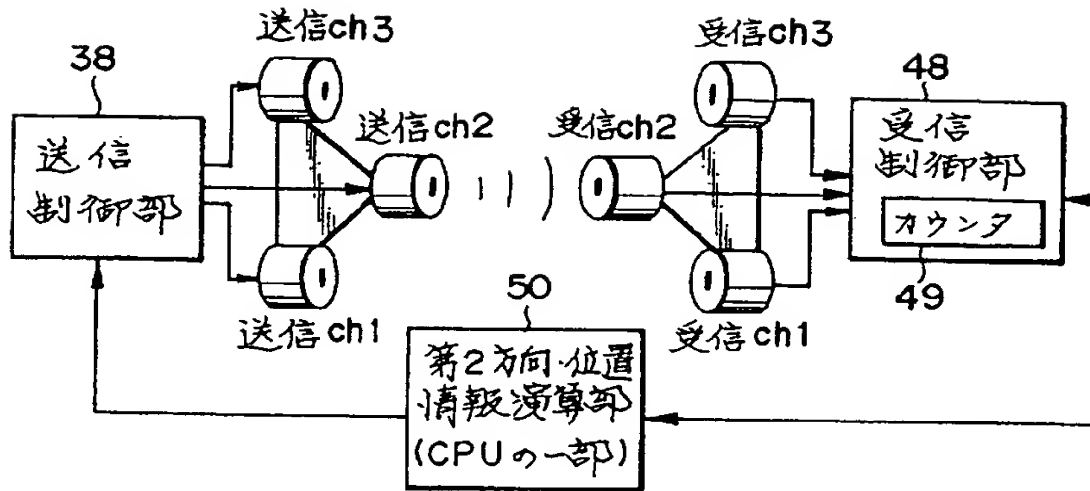


【図 22】

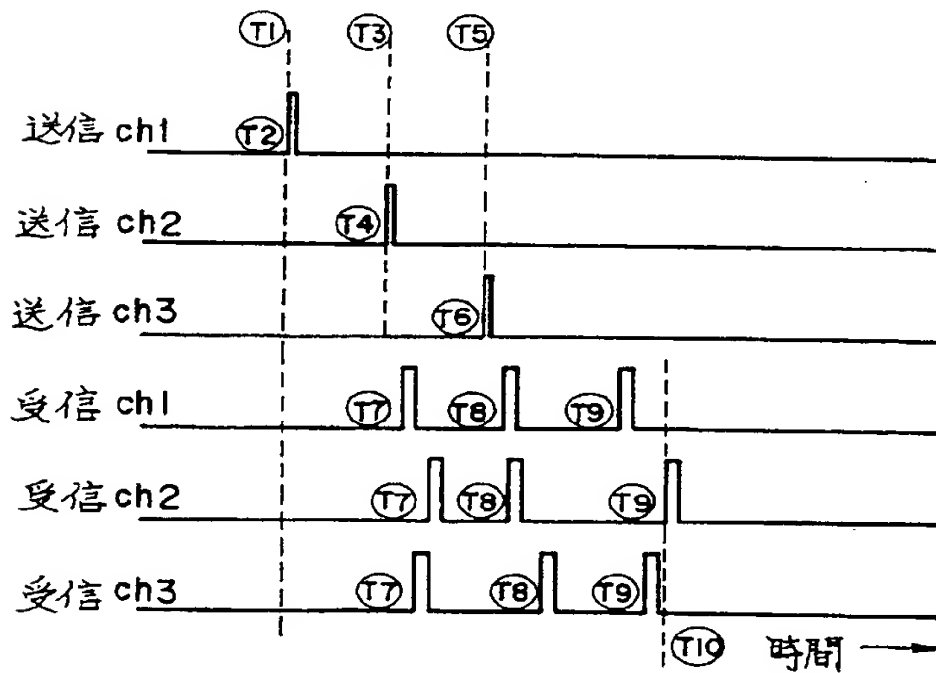


【図 10】

(A)

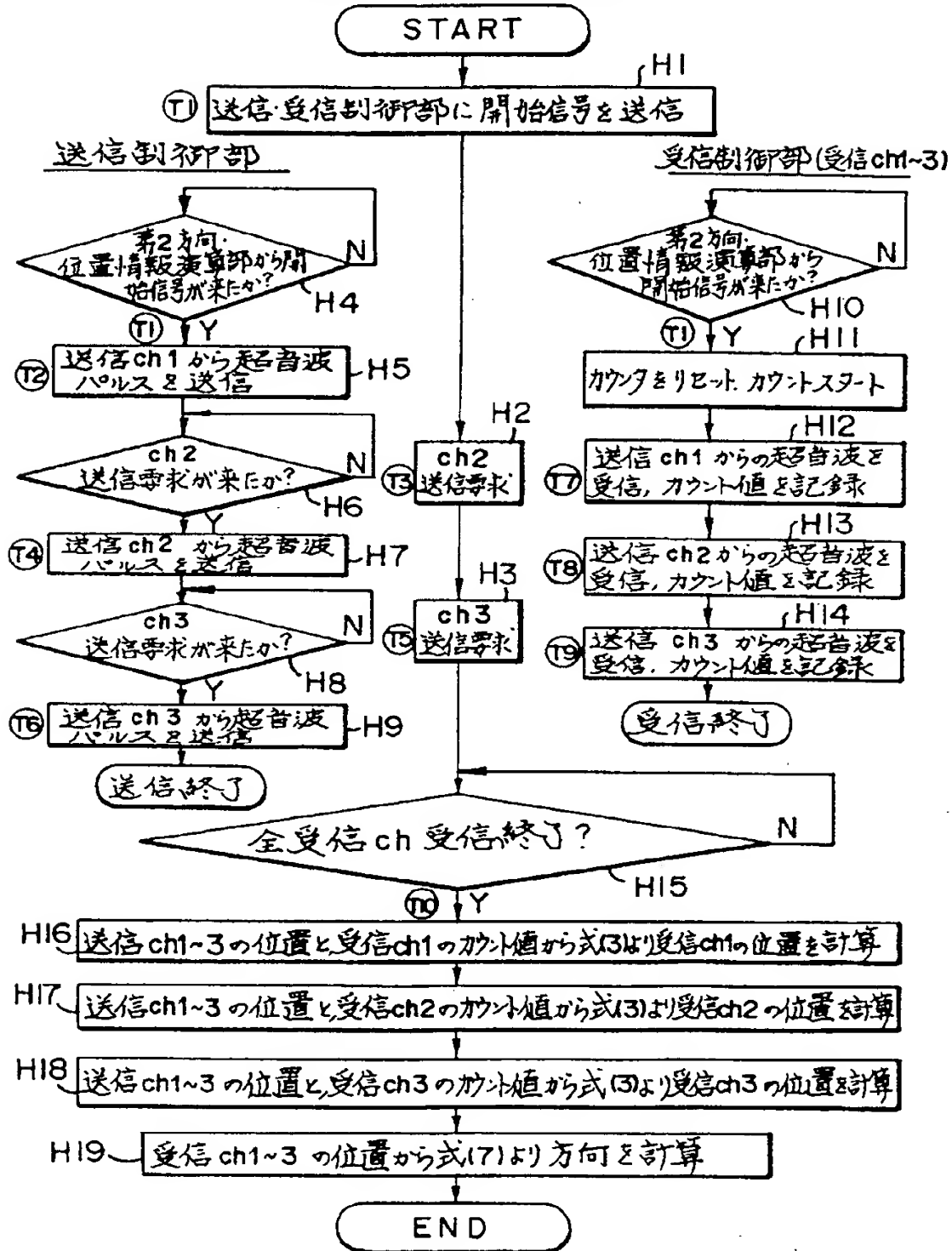


(B)



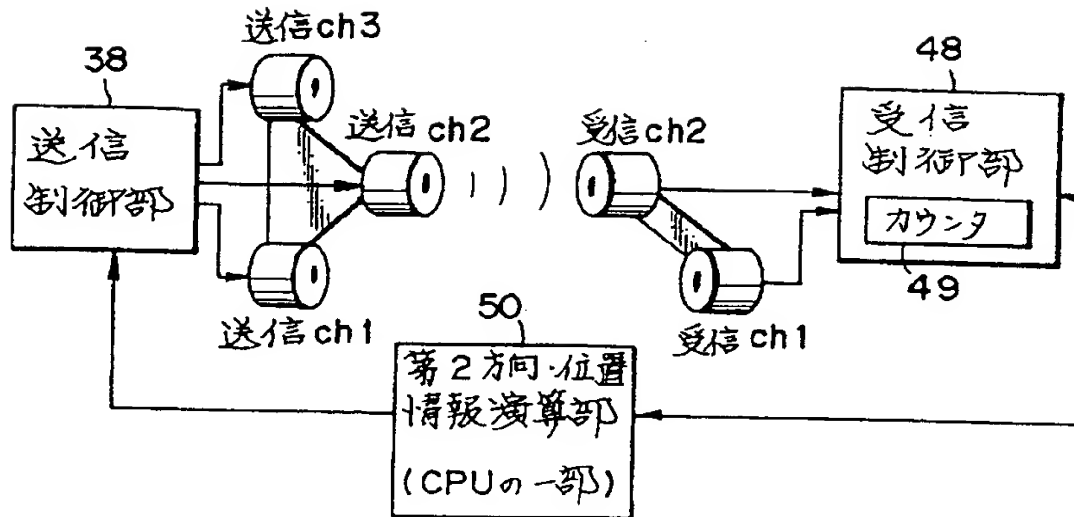
【図 11】

第2方向位置情報演算部

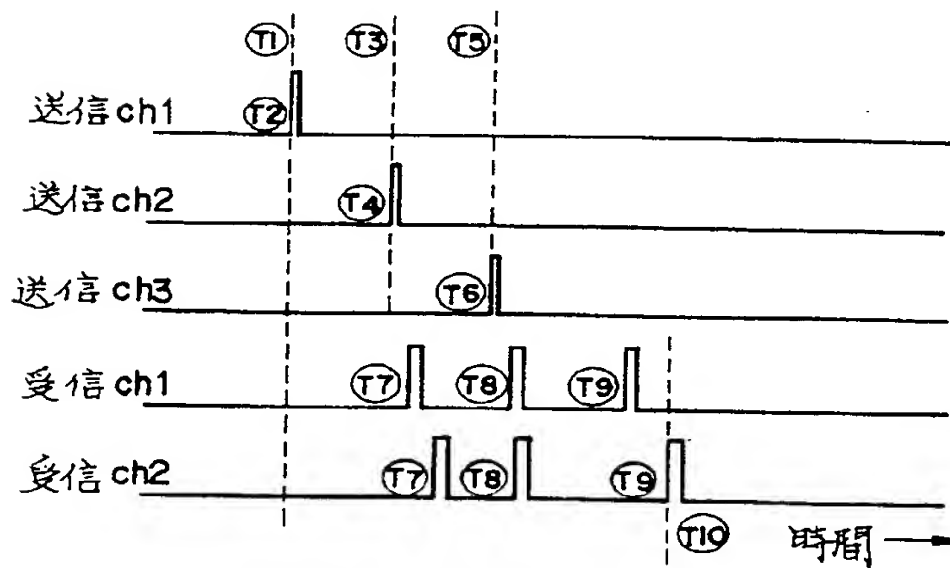


【図 1 2】

(A)

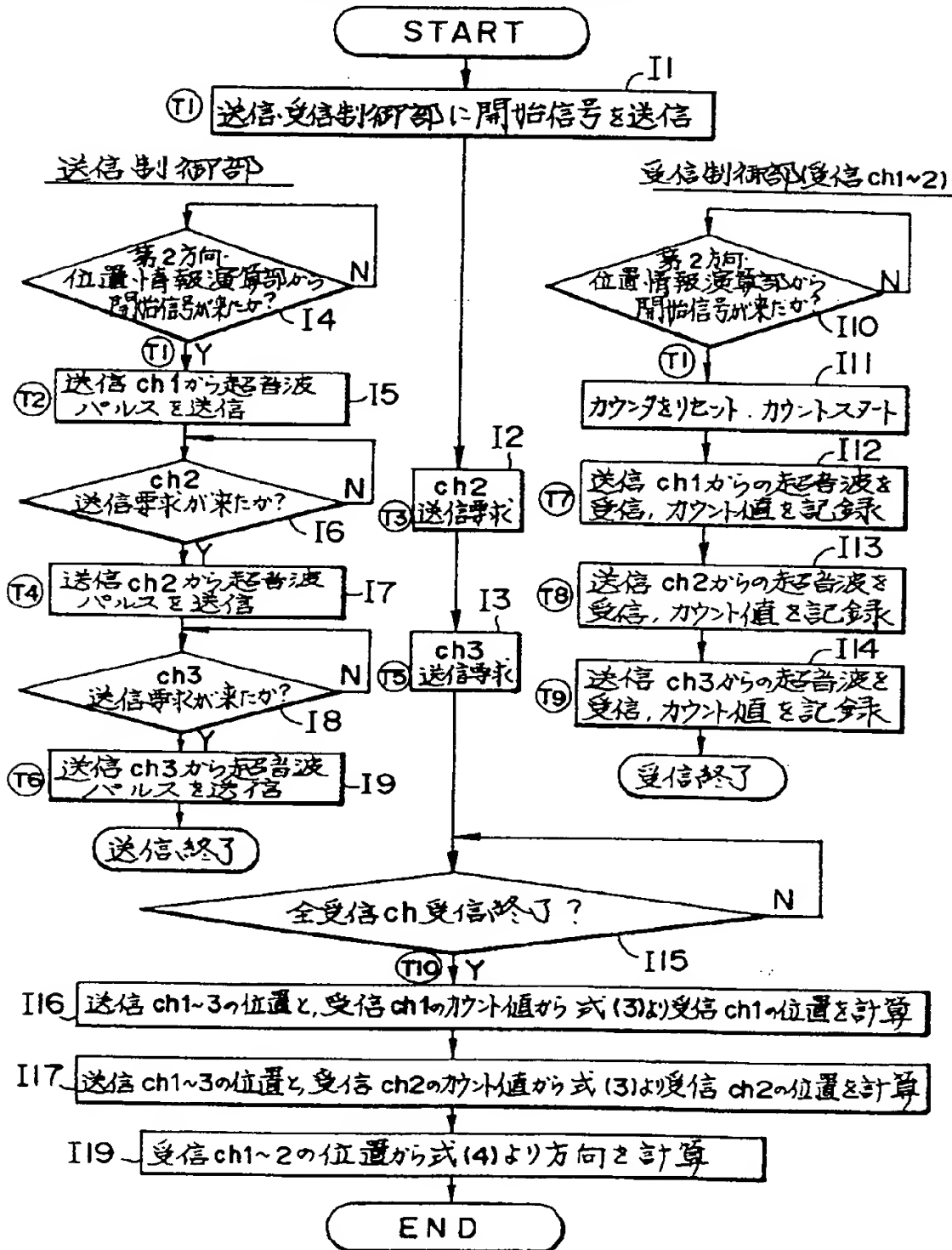


(B)



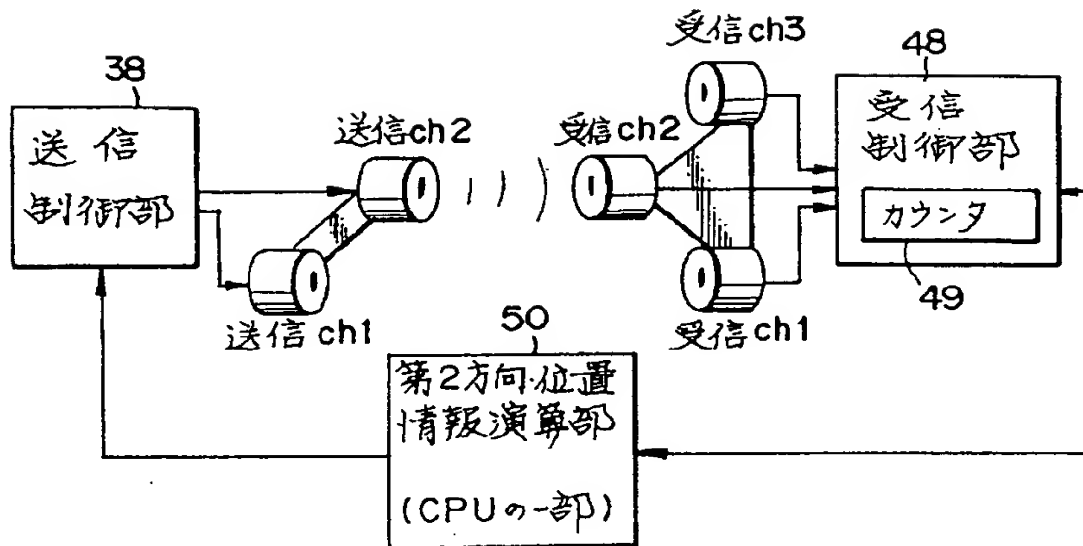
【図 13】

第2方向・位置情報演算部

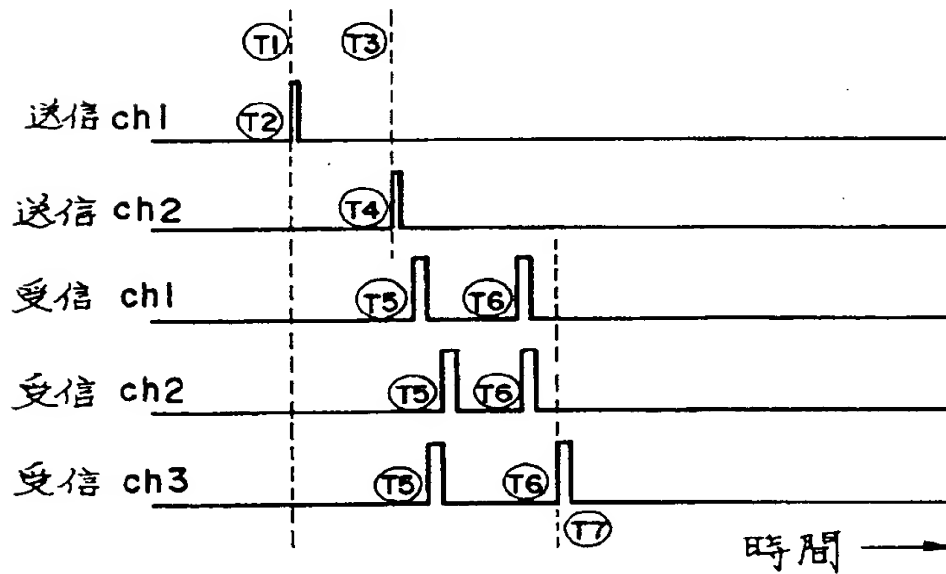


【図 1 4】

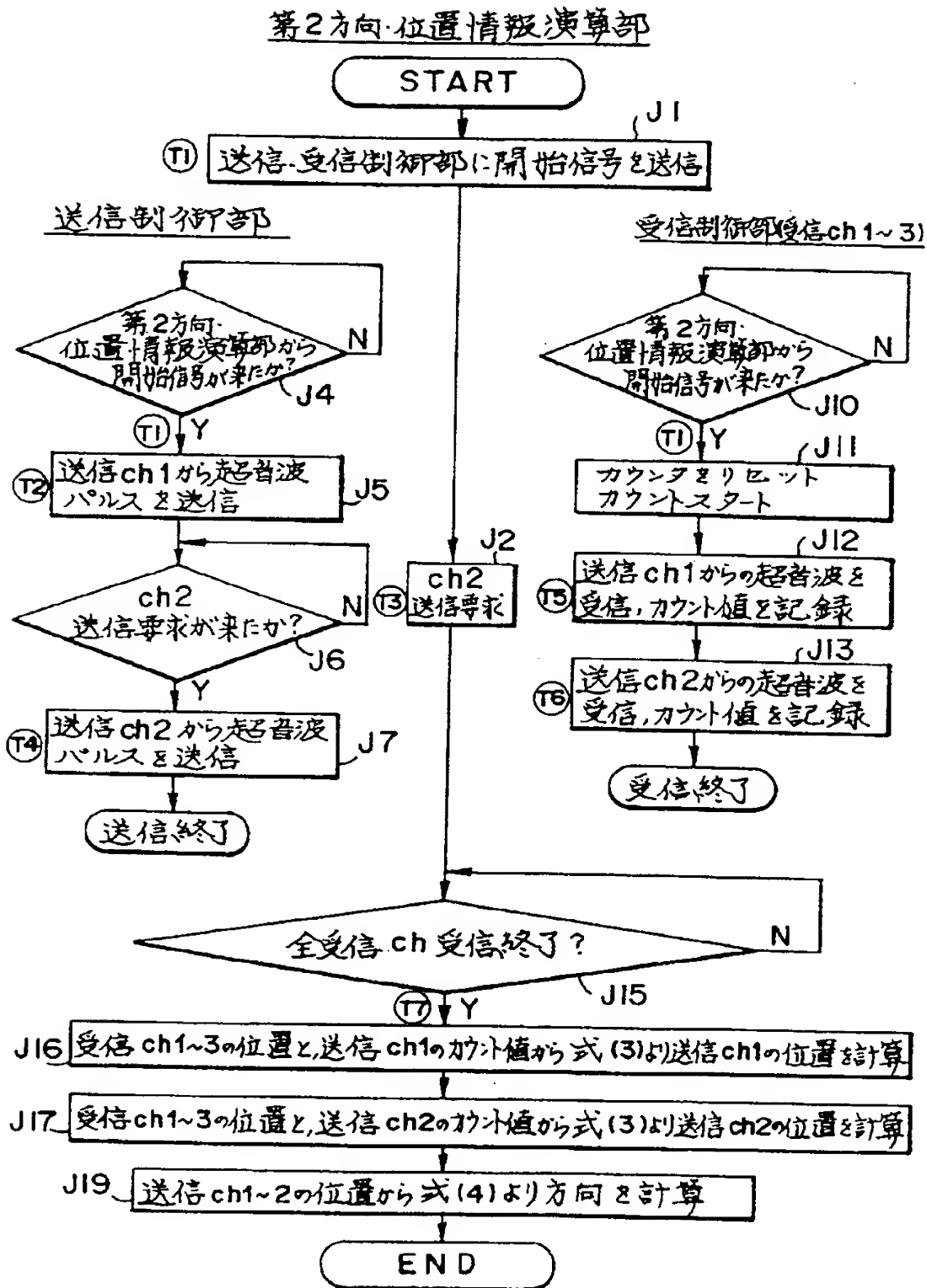
(A)



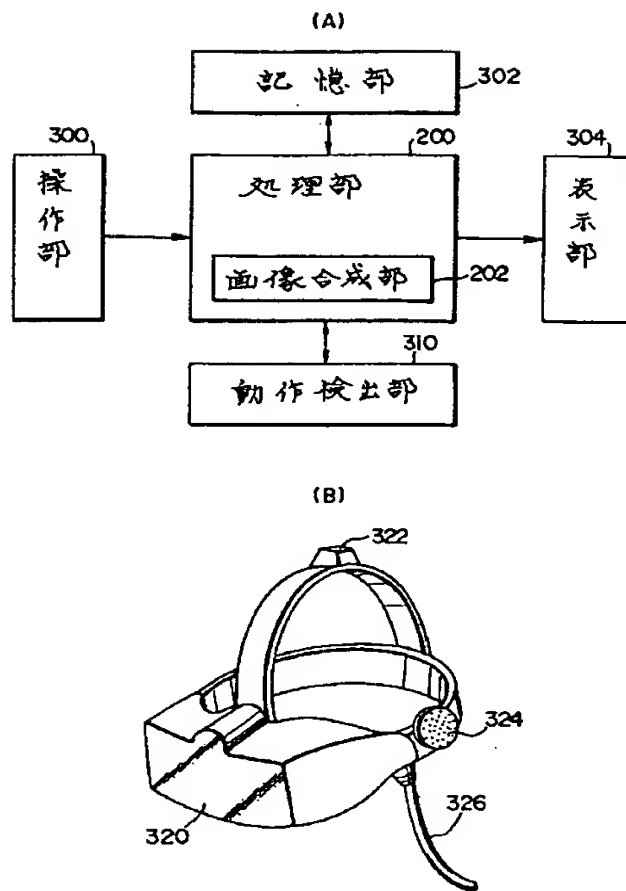
(B)



【図 15】



【図 2 3】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁴

// G 0 1 C 19/00

識別記号

庁内整理番号

9365-5H

F I

G 0 6 F 15/72

技術表示箇所

4 5 5